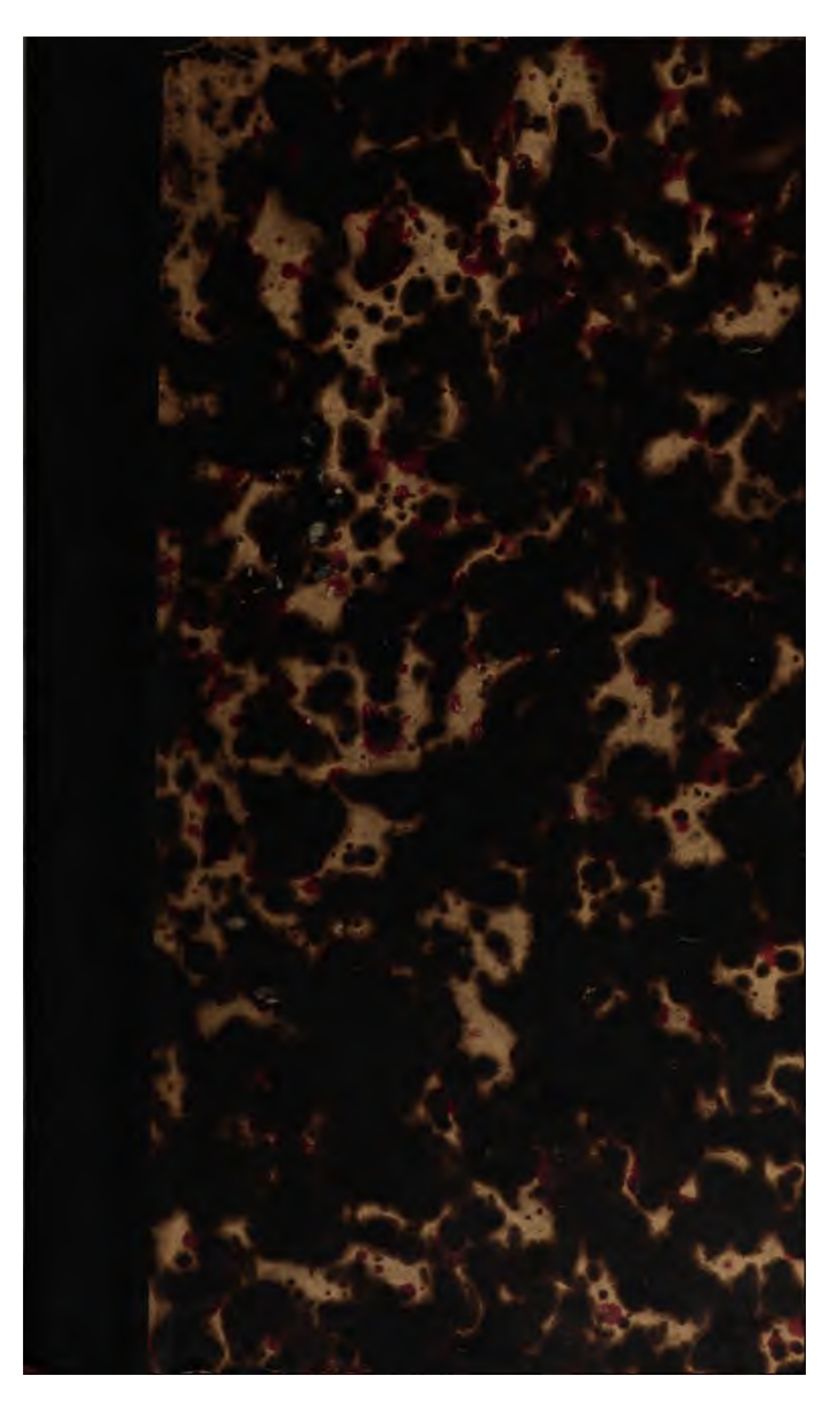
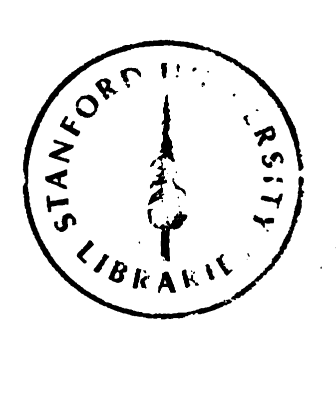





VERWIJDERD


MINISTERIE
BIBLIOTHEEK
VAN MARINE
VERWIJDERD



JOURNAL

DES ARMES SPÉCIALES.



IMPRIMERIE DE MUNZEL FRÈRES, A SCEAUX.



JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES

ET DE

L'ÉTAT-MAJOR

PUBLIÉ SUR LES DOCUMENTS FOURNIS PAR LES OFFICIERS
DES ARMÉES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

PAR

J. CORRÉARD

Ancien Ingénieur.

QUATRIÈME SÉRIE. — TOME IX. — 25e ANNÉE. — Nos 1 A 6.

Janvier à Juin 1858.

PARIS

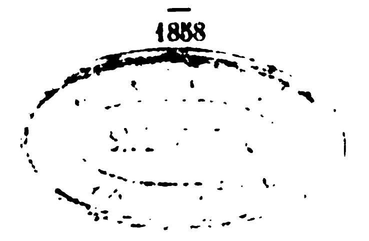
LIBRAIRIE MILITAIRE, MARITIME ET POLYTECHNIQUE

J. CORRÉARD,

Libraire-éditeur et libraire-commissionnaire

RUE SAINT-ANDRÉ-DES-ARTS, 58.

1858



EXPÉRIENCES

SUR LES

POUDRES DE GUERRE

FAITES A L'ARSENAL DE WASHINGTON

EN 1845, 1847, 1848

PAR A. MORDECAI

Major de l'artillerie américaine

(*Deuxième rapport.*)

TRADUIT

PAR MARTIN DE BRETTES

Capitaine d'artillerie, inspecteur des études à l'École Polytechnique

(*Suite et fin.* — Voir le tome VIII du *Journal des Armes spéciales*, p. 341 et suivantes.)

IV

Expériences sur le coton-poudre.

(Novembre 1846.)

1. Le Gouvernement, ayant eu connaissance du coton explosif récemment découvert par M. le professeur Schœnbein, me chargea de faire quelques expériences

pour comparer les effets de ce nouvel agent avec ceux de la poudre de guerre, et reconnaître la convenance de son emploi dans les armes de guerre.

Le gouvernement me fit remettre, à cet effet, des échantillons de coton-poudre préparé par M. Schœnbein lui-même, et la formule de la préparation, qu'il avait reçue M. William Roberston, consul des États-Unis à Brême.

2. Me proposant d'expérimenter le coton-poudre aussi bien dans les bouches à feu que dans les petites armes, j'en préparai plusieurs kilogrammes, à raison de 0 kil. 500 à la fois; mais je ne tardai pas à reconnaître qu'en opérant sur une aussi grande quantité, la chaleur, développée pendant la manipulation, suffisait pour produire une décomposition partielle et même la combustion du coton-poudre. Cet inconvénient altéra une partie du coton préparé; mais on en sépara par un triage convenable tout celui qui présentait la moindre trace d'altération.

La transformation du coton ordinaire on coton-poudre augmenta son poids d'environ moitié.

3. On fit usage dans les expériences des échantillons de coton-poudre désignés comme il suit :

1°. Echantillon S, pesant environ 200 grains, préparé par M. Schœnbein et envoyé par M. Roberston. C'était, d'après lui, un reste du coton-poudre employé dans les

expériences faites en Angleterre pour faire sauter les rochers, et non un échantillon type.

2° A, n° 1. Petit échantillon pris dans la partie voisine du coton décomposé pendant la manipulation.

3° A, n° 2. Une livre du coton à peine altéré par décomposition.

4° A, n° 3. — Coton sensiblement plus altéré que le précédent.

5° A, n° 4. — Coton préparé en employant une seconde fois l'acide qui avait servi au n° 2.

6° A, n° 5. Echantillon supérieur de coton-poudre préparé avec très-grand soin et en petite quantité. (2 onces environ).

Tous les échantillons désignés par la lettre A ont été préparés à l'arsenal de Washington, d'après la formule de Schœnbein.

7° F. Préparé à Washington, d'après la formule de Schœnbein.

8° P. Préparé comme F, puis plongé dans une dissolution de salpêtre.

9° D, n° 1, n° 2. Echantillons préparés d'après les procédés du professeur Otto.

La force de la poudre-coton était mesurée au moyen du fusil et du canon pendules.

Pour ne pas détériorer le canon de fusil employé aux expériences ordinaires du pendule, on ajusta sur l'appareil

un autre canon de fusil. Le calibre de l'âme de ce dernier était un peu plus grand que celui du premier, ce qui explique la faiblesse exceptionnelle de la vitesse initiale obtenue avec une charge de poudre de 120 grains, et qu'on remarque dans le tableau suivant. Généralement la vitese initiale avec cette charge est de 1600 pieds.

Dans les expériences de tir avec le coton-poudre, la charge fut introduite dans l'âme dans son état ordinaire, puis comprimée avec la baguette. Le degré de compression était indiqué par la longueur occupée par la charge après en avoir déduit 0po. 57 pour celle qui correspondait à la balle et à la bourre.

Expériences au fusil-pendule.

Dates.	Espèces.	Charges.	Hauteur de la charge.	OSCILLATION du Fusil.	OSCILLATION du Bloc pendule	Vitesse de la balle.	OBSERVATIONS.
1846.		Gr.	Po.	° '	° '	Pieds.	
Nov. 12	Poudre à mousquet de Dupont.	120	1.8	11 19	8 19	1493	Balles de 17 à la livre.
		»	»	11 34	8 29	1525	Vent de 0 po. 43.
		»	»	11 30	8 45	1573	
		120	1.8			1531	
» 13		60	1.25	6 59	6 02	1083	
		»	»	6 46	5 53	1058	
		»	»	6 41	5 48	1043	
		60	1.25			1062	
	Coton poudre.						
» 12	S	30	1.6	5 43	5 24	971	
	»	60	1.8	9 53	7 56	1426	Partie de la charge lancée hors du fusil sans être brûlée.
	»	60	2.5	10 46	8 43	1567	
	»	50	2.6	9 48	8 17	1489	
» 17	D, 1.	30	2.1	7 07	6 24	1131	
	»	60	2.9	11 45	9 22	1684	
	»	60	2.75	11 27	9 11	1651	
	»	40	2.75	9 17	8 08	1462	
	»	40	2.75	8 57	7 40	1379	
Déc. 2	A, 1.	60	3.	10 50	8 40	1558	
	A, 3.	»	»	11 48	9 32	1743	
	A, 4.	»	»		8 34	1591	
» 3	A, 5.	»	»	12 05	9 56	1785	
	»	»	»			1640	Moyenne de deux coups.
	»	»	2.5			1688	Id.
	»	»	2.1			1027	Id.
» 2	D, 2.	»	3.	11 26	9 02	1624	
» 3	»	»	»			1756	Id.
» 2	F.	»	»	11 26	9 12	1634	
	P.	»	»	11 42	9 21	1690	

Il semble résulter de ces expériences que, dans un fusil, la force de projection du coton-poudre est un peu supérieure à celle d'une charge double en poids, de poudre à mousquet, car elle est sensiblement égale à celle d'une charge double d'excellente poudre de chasse.

Il résulte aussi de ces expériences que le coton-poudre ne brûle pas quand il est fortement comprimé et qu'il produit le maximum d'effet quand il occupe un espace à peu près quadruple de celui qu'occuperait un poids egal de poudre ou d'eau. Cependant il est probable que ce résultat dépend beaucoup du poids de coton-poudre employé dans le chargement et de sa préparation.

J'ai, en effet, tiré un fusil chargé avec des disques de coton-poudre comprimé, dont le calibre était celui du canon, l'épaisseur $0^{po.}$ 3 et le poids 26 grains. L'effet sur une planche de sapin a été le même que si la charge eut été de 110 grains de poudre à mousquet. Le canon a été mis en pièces avec une charge de deux de ces disques et une balle, quoiqu'il eut résisté à des charges de 60 grains de coton-poudre occupant une hauteur d'environ 2 pouces.

Après le tir avec le coton-poudre, il reste dans le canon un résidu d'eau et d'acide nitrique suffisant pour

tacher légèrement le chiffon de linge avec lequel on l'essuyait.

Expériences avec le canon-pendule de 24.

(2 décembre 1846.)

Espèce de coton-poudre		A. 2	A. 3 et 4, et F
Charge	liv.	1	2
Boulet. Diamètre	po.	5.69	5.69
Boulet. Vent	po.	0.135	0.135
Boulet. Poids	liv.	24.33	24.3
Poids du valet	liv.	0.06	0.06
Longueur de la charge de coton	po.	9.	18.
Longueur de la charge entière	po.	14.7	23.5
Point de choc	po.	195.	195.2
Arc décrit par le Canon-pendule		7° 32' 20"	10° 37' 00"
Arc décrit par le Bloc-pendule		6° 8'	8° 00' 40"
Moment du canon pendule		30.934	43.932
Vitesse initiale. Au pendule balistique	pieds	1073	1404
Vitesse initiale. Réduite	pieds	1087	1422

La vitesse initiale réduite, indiquée à la dernière ligne du tableau précédent, est celle que possèderait un boulet de 24 livres 25, en tenant compte de la distance de la bouche du canon en bloc-pendule. Cette correction a pour objet de comparer les résultats précédents avec ceux que donne la poudre de guerre.

La quantité de coton préparée pour les expériences suffisait pour tirer un seul coup à chaque charge.

Le canon était soigneusement nettoyé; la charge de coton était introduite cardée dans le canon, puis comprimée avec le refouloir de manière à occuper une longueur environ huit fois plus grande que celle d'une cartouche de poudre à canon. Le volume des charges modérées dont on a fait usage était cependant si considérable que j'eus l'intention de le réduire pour rendre la combustion plus rapide. Mais peut-être une plus grande compression aurait assez augmenté la puissance explosive de la charge pour provoquer l'éclatement du canon.

Le tir ne produisait pas de fumée, mais une légère odeur d'acide nitreux. Le résidu resté dans l'âme était facilement enlevé au moyen d'une éponge qu'il salissait un peu. Un thermomètre introduit au fond de l'âme immédiatement après le second, coup ne s'élevait pas de plus d'un degré.

Le bruit de la détonnation paraissait fort et aigu aux

personnes voisines du canon, et très-faible à celles qui en étaient distantes de 200 ou 300 mètres, mais bien moindre que celui d'un canon chargé de 4 livres de poudre de guerre et même d'un canon de 6 tiré pour salut.

Toute la poudre coton était brûlée dans la bouche à feu. Afin de comparer les résultats précédents avec ceux obtenus par des charges de poudre de guerre, j'ai cherché parmi les épreuves faites cette année qu'elles étaient les charges avaient donné des vitesses égales. J'ai reconnu alors que la vitesse moyenne de 23 coups tirés avec 4 livres de poudre de divers échantillons, qui est de 1427 pieds, était sensiblement égale à celle obtenue avec deux livres de poudre-coton, car celle-ci est de 1422, comme le montre le tableau précédent.

Je n'ai pas fait d'expériences avec des charges donnant des vitesses inférieures à celle de 1087 pieds, produite par une livre de coton-poudre. La plus petite charge de poudre, dont j'ai fait usage, a été de trois livres et la vitesse correspondante de 1250 pieds, mais j'en conclus, par induction, qu'une charge de 2 liv. 1/4 de la même poudre, donnerait une vitesse 1087 pieds. Il paraît cependant que la force de projection d'une livre de coton-poudre équivaut à celle de 2 liv. 1/2 de poudre ordinaire et que deux livres de coton-poudre équivalent à quatre de poudre ordinaire, rapport qui est le même que dans le tir du fusil.

La comparaison du recul du canon pendule et de l'arc décrit par le bloc-pendule, m'a conduit à penser que le rapport de la force explosive à celle de projection est plus grande pour la poudre-coton que pour la poudre à canon. Manquant de poudre-coton pour vérifier cette conjecture par des expériences faites au canon pendule, je fis, le 3 décembre 1847, quelques expériences au fusil-pendule pour reconnaître si la poudre-coton pouvait être employée avec sécurité par les soldats dans les circonstances ordinaires du service.

Je pris à cet effet trois canons de fusil semblables à celui qui avait été employé dans les expériences au pendule avec la poudre-coton, sans montrer la moindre altération ; puis, après avoir reconnu par expérience que 60 grains de poudre-coton donnaient à la balle la vitesse initiale réglementaire, je les soumis aux épreuves suivantes :

Le 1er fut chargé de 120 grains de poudre-coton, occupant une longueur de trois pouces, d'une balle et d'une bourre ; il éclata en tonnerre au premier coup.

Le 2e reçut deux charges composées chacune de 60 grains, d'une balle et d'une bourre. Elles furent placées l'une sur l'autre, comme si le soldat avait chargé deux fois le fusil sans faire feu, ce qui arrive fréquemment. La charge occupait une longueur de 4 po. 3/4. Le canon éclata en produisant une déchirure qui s'étendait

jusqu'à l'emplacement de la seconde balle. La plus grande partie de la charge supérieure fut projetée latéralement sans être brûlée.

La 3ᵉ a reçu une charge de 60 grains de poudre-coton, de deux balles et de 2 bourres, occupant une longueur de 3 pouces. Au premier coup, le canon manifesta un gonflement à l'emplacement de la charge. Il fut de nouveau chargé de la même manière et éclata.

Tous ces canons avaient subi l'épreuve réglementaire d'adoption. Ils avaient quelques légères imperfections, mais étaient de récente fabrication et tout à fait semblables à la plus grande partie de ceux qui sont entre les mains des troupes. Si l'on observe que les canons de fusil subissent deux épreuves de tir : l'une avec la charge de 390 grains de poudre, une balle de 15 à la livre et deux bourres ; l'autre avec 318 grains de poudre, une balle de même calibre que la précédente et deux bourres, et que les canons de fusil peuvent résister, sans dégradation, aux explosions produites par deux, trois et même quatre cartouches placées l'une sur l'autre, on sera convaincu de l'inutilité de pousser plus loin les recherches nécessaires pour reconnaître que la force explosive de la poudre-coton est très-différente de celle de la poudre ordinaire.

Un obus de 32, ayant été chargé de deux onces de coton-poudre puis tiré avec la bouche à feu, éclata en

un grand nombre de fragments à l'instant précis indiqué par la fusée en cuivre qu'il portait.

Voulant reconnaître l'effet de la compression sur le coton placé dans un petit espace, j'en introduisis environ 15 grains dans une fusée de 12, dont le canal avait 0 po. 45 de diamètre et 3 pouces de longueur, et le comprimai avec un porte plume. Il brûla pendant 8 secondes environ, avec une flamme brillante qui s'éteignit avant l'entière combustion du coton; il acheva de brûler lentement comme une mèche. Une fusée de même longueur, dont la composition était du pulvérin, brûla en six secondes.

Voulant reconnaître l'effet de l'humidité sur la poudre-coton, je plaçai, le 2 décembre, une partie de celle étiquetée A, n° 5, dans une cave voûtée. Le 8 du même mois le coton avait absorbé environ 2 0/0 d'humidité, mais cette proportion n'augmenta pas dans la suite. Le 21 décembre on tira deux conps au fusil pendule avec un canon de fusil chargé de 60 grains de cette poudre-coton desséchée. L'espace occupé par la charge, y compris la balle et la bourre, était de 2 po. 6 pour le premier coup et de 2 po. 9 pour le second. La vitesse initiale a été de 1588 et 1636 pieds; en moyenne 1612 pieds. Le même coton-poudre avant d'être exposé à l'humidité avait donné une vitesse de 1688 pieds.

Un échantillon de poudre-coton, préparé en février

1847, fut plongé, au mois de novembre de la même année, dans un bocal rempli d'eau. L'eau fut fréquemment renouvelée, et cependant au mois de mars 1849, le coton était encore acide, car il rougissait le papier tournesol. Le coton avait pris une teinte jaunâtre qui ne varia pas ultérieurement; sa force explosive, après une dessication suffisante, a été sensiblement la même qu'avant d'avoir subi cette épreuve.

Le but essentiel de ces expériences étant de reconnaître les avantages que procurerait la substitution de la poudre-coton à la poudre de guerre dans le service militaire, je ne poussai pas les expériences au-delà de ce qui était nécessaire pour décider cette question d'une grande importance pour la pratique.

Les résultats des expériences conduisent aux conclusions suivantes :

1° La poudre-coton, préparée d'après Schenbein, brûle à 380° Fahreinheit. Le coton à l'état cardé n'enflamme pas la poudre ordinaire quand il brûle au-dessus d'elle. Des modifications dans la préparation de la poudre-coton, son exposition prolongée à une douce chaleur, peuvent déterminer son explosion bien au-dessous de 380°. Aussi est-il nécessaire d'apporter beaucoup de prudence dans sa dessication par la chaleur.

2° La force balistique de la poudre-coton avec de faibles charges, soit dans le fusil, soit dans le canon,

est à peu près double de celle de la poudre de guerre.

3° La poudre-coton comprimée, par exemple dans le canal d'une fusée, brûle lentement.

4° L'humidité diminue considérablement la force de la poudre-coton, mais la dessication la lui rend.

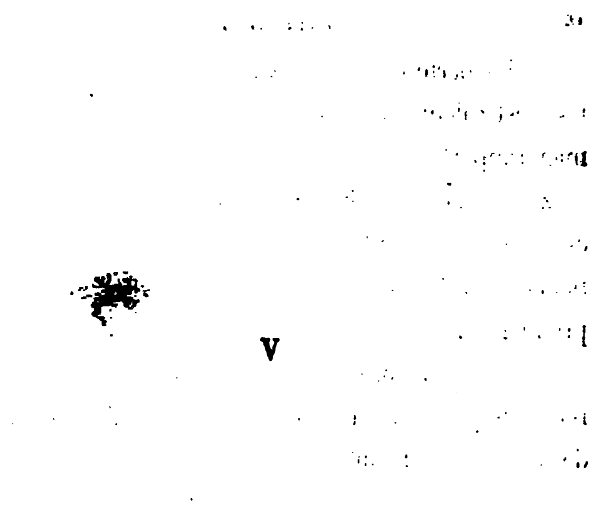
5° La force explosive d'expansion de la poudre-coton est bien supérieure à celle de la poudre ordinaire. Elle se rapproche beaucoup plus de celle des poudres fulminantes que de celle des poudres ordinaires. Aussi cette poudre conviendrait-elle aux mines.

6° La poudre-coton bien préparée ne laisse pas de tache sur du papier quand on la brûle en petite quantité.

Les principaux produit de sa combustion sont de l'eau et de l'acide nitreux. Ce dernier se manifeste par son odeur, et par son action sur les canons de fusil qu'il corrode si on ne les essuie aussitôt après le tir.

7° La rapidité et l'intensité des effets de la combustion du coton-poudre empêchent qu'il puisse être actuellement employé avec sécurité dans les armes à feu.

Une erreur dans le chargement, comme l'introduction de deux charges dans le fusil avant le tir, ce qui arrive fréquemment, causerait l'éclatement de l'arme. Il est même probable que cet accident se produirait avec des charges réglementaires dans un tir continué pendant un certain temps.



V

Résumé des expériences faites précédemment sur la poudre à canon.

Avant de comparer les résultats de ces expériences, je commençai, comme dans mon premier rapport, à corriger les vitesses fournies par l'expérience, des petites variations provenant du poids des projectiles et du vent; puis je ramenai les vitesses des projectiles, déduites du pendule, à leur valeur réelle vers la tranche de la bouche du canon.

J'ai calculé ces corrections d'après la méthode suivie dans mon premier rapport. Ainsi :

1° La perte de vitesse provenant de la résistance de l'air est calculée par la formule donnée dans mon premier rapport.

2° La perte de vitesse due aux différences de vent est calculée en admettant que cette perte est proportionnelle à l'accroissement du vent, comme dans mon premier rapport.

3° Les variations de vitesse provenant de la différence de poids des projectiles sont calculées au moyen de la formule suivante :

$$v = V \frac{\sqrt{\text{Log.}\left(1 + \frac{c}{b}\right)}}{\sqrt{\text{Log.}\left(1 + \frac{c}{B}\right)}}$$

Dans laquelle : V est la vitesse initiale du projectile dont le poids est B et la charge c ; et v la vitesse qu'un projectile du même calibre, du poids normal b, acquérait avec la même charge de poudre c.

Expériences avec le canon de 6 livres

(16 CALIBRES DE LONGUEUR D'AME.)

DATES.	Force relative de la poudre.	Charge.	Vent du boulet.	Poids du boulet.	Vitesse du boulet avec le pendule balistique		Observat.
					donnée par l'expér.	calculée	
1845		Livres.	Pouces	Livres.	Pieds.	Pieds.	
Juill. 9	A, 2.	1.25	0.09	6.093	1437	1449	Vitesses ramenées à celles d'un boulet de 6, 15 livres au sortir de la bouche à feu.
»	»	»	»	.133	1407	1423	
»	»	»	»	.133	1430	1446	
»	»	1.5	»	.113	1594	1610	
»	»	»	»	.153	1580	1601	
»	»	»	»	.133	1553	1572	
»	»	2.	»	.173	1732	1756	
»	»	»	»	.153	1700	1722	
»	»	»	»	.143	1723	1744	
»	B. 1.	1.5	»	.113	1529	1544	
»	»	»	»	.143	1510	1529	
»	»	»	»	.113	1538	1553	
»	E.	»	»	.123	1316	1329	
»	»	»	»	.153	1353	1370	
»	»	»	»	.183	1331	1350	
»	F, 1.	»	»	.113	1406	1420	
»	»	»	»	.113	1483	1499	
»	»	»	»	.143	1426	1443	
»	G, 1.	»	»	.123	1504	1521	
»	»	»	»	.143	1508	1527	
»	»	»	»	.103	1505	1519	
»	G, 6.	»	»	.113	1638	1654	
»	»	»	»	.133	1634	1653	
»	»	»	»	.133	1544	1643	
»	H.	»	»	.083	1532	1544	
»	»	»	»	.083	1516	1526	
»	»	»	»	.113	1500	1516	

Suite des Expériences avec le canon de 6.

Dates.	Force relative de la poudre.	Charge.	Vitesse du boulet.	Poids du boulet.	Vitesse du boulet avec le pendule balistique.		Observat.
					donnée par l'expér.	caculée	
1845	-	Livres.	Pouces	Livres.	Pieds.	Pieds.	
Juil. 10	A, 3.	1.5	0.09	6.173	1489	1510	
»	»	»	»	.173	1507	1529	
»	»	»	»	.173	1534	1554	
»	»	»	0.19	5.75	1400	1375	
»	»	»	»	.66	1404	1379	
»	»	»	»	.49	1418	1365	
»	»	»	0.9	6.26	1538	1571	Boulets fixés à la charge.
»	»	»		.37	1498	1542	
»	»	»		.30	1520	1956	

Expériences avec l'obusier de 12.

Juil. 11	A, 3.	1.	0.1	8.9	1029	1043	boulets fixés à la charge.
»	»	»	»	»	1035	1049	
»	»	»	»	»	1056	1071	
»	»	1.25	»	»	1142	1159	
»	»	»	»	»	1155	1172	
»	»	»	»	»	1184	1102	
»	»	2.	»	12.96	1197	1247	vitesses ramenées aux vitesses initiales d'un boulet de 12.
»	»	»	»	13.16	1205	1260	
»	»	»	»	13.06	1187	1241	

Expériences avec le canon de 12.

(LONGUEUR DE L'AME, 25 CALIBRES.)

Dates.	Force rel. de la poud.	Charge.	Vent du boulet.	Poids du boulet	Vitesse du boulet				Observations.
					au pendule balistique.		au canon pendule.		
					expér.	calculée.	expér.	calculée.	
1847		Liv	pou.	livres.	pieds	pieds	pieds	pieds	
Juill. 7	A.	2	0.42	12.306	1386	1410	1391	1391	Ramenée à la vitesse initiale du boulet de 12, 3 livres.
»	»	»	»	.346	1398	1425	1404	1407	
»	»	»	»	.416	1367	1398	1380	1386	
»	»	»	.31	.346	1426	1444	1414	1416	
»	»	»	»	»	1425	1443	1419	1421	
»	»	»	»	»	1439	1458	1430	1432	
»	»	»	.21	»	1272	1305	1268	1270	
»	»	»	»	»	1268	1291	1266	1269	
»	»	»	»	»	1264	1277	1262	1265	
»	»	»	.11	»	1398	1425	1404	1407	
»	»	»	»	»	1434	1461	1431	1434	
»	»	»	»	»	1441	1469	1432	1435	
Juill. 8	»	3	.31	»	1437	1462	1413	1415	
»	»	»	»	»	1426	1450	1420	1422	
»	»	»	»	»	1416	1440	1413	1415	
»	»	»	.21	»	1584	1614	1572	1575	
»	»	»	»	»	1566	1596	1553	1556	
»	»	»	»	»	1588	1587	1554	1557	
»	»	»	.11	»	1711	1743	1712	1715	
»	»	»	»	»	1717	1749	1721	1724	
»	»	»	»	»	1728	1759	1729	1732	
»	»	4	.31	»	1624	1653	1619	1622	
»	»	»	»	»	1626	1655	1621	1624	
»	»	»	»	»	1629	1658	1618	1621	
»	»	»	.21	»	1778	1814	1779	1782	
»	»	»	»	»	1774	1807	1776	1769	
»	»	»	»	»	1778	1814	1775	1778	
»	»	»	.11	»	1916	1953	1924	1027	
»	»	»	»	»	1939	1939	1945	1848	
»	»	»	»	»	1911	1911	1930	1933	

Suite du tableau précédent.

(LONGUEUR DE L'AME, 16 CALIBRES.)

Dates.	Force rel. de la poud.	Charge.	Vent du boulet.	Poids du boulet.	Vitesse du boulet. au pendule balistique. expér.	au pendule balistique. calculée.	au canon pendule. expér.	au canon pendule. calculée.	Observations.
1847		liv.	pou.	livres.	pieds	pieds	pieds	pieds	
Juin 28	A.	»	0.12	12.53	1697	1738	1698	1740	
Juill. 8	»	»	»	.266	1702	1728	1700	1697	
»	»	»	»	.356	1698	1730	1709	1712	
»	»	»	»	.326	1709	1740	1720	1722	
Juil. 10	»	4	»	.336	1897	1933	1901	1904	
»	»	»	»	.346	1888	1924	1906	1909	
»	»	»	»	.366	1906	1943	1904	1908	
»	»	5	»	.276	2065	2101	2058	2058	
»	»	»	»	.326	2058	2095	2083	2085	
»	»	»	»	.246	2059	2097	2084	208	
»	»	6	»	.356	2054	2093	2056	2070	
»	»	»	»	.326	2222	2260	2227	2229	
»	»	.	»	.336	2241	2250	2227	2230	
»	»	»	»	.296	2170	2206	2182	2182	
Juil. 13	»	7	»	.31	2274	2316	2287	2291	
»	»	»	»	.34	2240	2284	2263	2270	
Juil. 10	»	8	»	.336	2253	2290	2243	2246	
»	»	»	»	.386	2312	2355	2336	2342	
»	»	2	»	5.976	1814	1845	1846	1823	Ramenée à la vitesse initiale du boulet de 6, 15 livres.
»	»	»	»	6.026	1801	1838	1828	1841	
»	»	»	»	6.016	1780	1816	1824	1806	
»	»	3	»	5.996	2290	2335	2274	2250	
»	»	»	»	6.016	2254	2299	2255	2233	
»	»	»	»	5.946	2277	2324	2273	2251	
»	»	4	»	6.176	2473	2550	2469	2473	
»	»	»	»	6.046	2532	2593	2495	2480	
»	»	»	»	6.006	2543	2597	2504	2479	
Juil. 13	»	»	»	24.85	1246	1254	1241		
»	»	»	»	.90	1251	1259	1246		
»	»	»	»	.86	1400	1410	1410		
»	»	»	»	.90	1399	1399	1409		

Suite du tableau précédent.

Dates.	Longueur de l'âme.	Force rel. de la poud.	Charge.	Vent du boulet.	Poids du boulet.	Vitesse du boulet.				Observations.
						au pendule balistique.		au canon pendule.		
						expér.	calculée.	expér.	calculée.	
1847.	pouc.		liv.	pou.	livres.	pieds	pieds	pieds	pieds	
Juil. 19	104.2	A.	2	0.12	12.346	1347	1373	1351	1354	Ramenés à la vitesse initiale du boulet de 12, 3 livres.
»	»	»	»	»	.406	1359	1388	1365	1371	
»	»	»	»	»	.336	1346	1372	1355	1375	
»	»	»	2	»	.366	1628	1659	1656	1659	
»	»	»	»	»	.276	1661	1688	1680	1672	
»	»	»	»	»	.416	1640	1674	1663	1667	
»	»	»	4	»	.346	1875	1911	1897	1990	
»	»	»	»	»	.376	1852	1889	1884	1889	
»	»	»	»	»	.386	1881	1919	1903	1908	
»	»	»	5	»	.286	2057	2091	2088	2087	
»	»	»	»	»	.376	2018	2057	2058	2063	
»	»	»	»	»	.406	1924		1933		
»	»	»	»	»	.326	1965	2001	2002	2004	
»	»	»	6	»	.296	2151	2186	2190	2190	
»	»	»	»	»	.426	2005		2010		
»	»	»	»	»	.316	2115	2151	2138	2139	
»	»	»	»	»	.346	2108	2145	2133	2136	
Juil. 30	88.	»	2	»	.366	1289	1314	1305	1308	
»	»	»	»	»	.366	1339	1364	1339	1342	
»	»	»	»	»	.346	1336	1361	1352	1364	
»	»	»	3	»	.376	1617	1649	1645	1649	
»	»	»	»	»	.396	1591	1626	1628	1635	
»	»	»	»	»	.396	1596	1631	1628	1635	
»	»	»	4	»	.286	1827	1857	1864	1863	
»	»	»	»	»	.416	1809	1847	1850	1857	
»	»	»	»	»	.386	1808	1845	1852	1858	
»	»	»	5	»	.406	1963	2004	2018	2025	
»	»	»	»	»	.426	1971	2014	2024	2033	
»	»	»	»	»	.356	1972	2010	2021	2028	
»	»	»	»	»	.246	2062	2093	2114	2107	
»	»	»	»	»	.406	2058	2100	2117	2124	

Expériences avec le canon en bronze de 12.

(LONGUEUR DE L'AME, 16 CALIBRES.)

Dates.	Force rel. de la poud.	Charge.	Vent du boulet.	Poids du boulet.	Vitesse du boulet. au pendule balistique. expér.	Vitesse du boulet. au pendule balistique. calculée.	Vitesse du boulet. au canon pendule. expér.	Vitesse du boulet. au canon pendule. calculée.	Observations.
1818		liv.	pou.	livres.	pieds	pieds	pieds	pieds	
Oct. 11	A.	2	0.31	12.35	1087	1105	1101	1103	Ramenés à la vitesse initiale du boulet de 12, 3 livres.
»	»	»	»	»	1095	1113	1100	1102	
»	»	»	»	»	1107	1125	1116	1118	
»	»	»	.21	.348	1227	1248	1246	1248	
»	»	»	»	»	1230	1251	1245	1247	
»	»	»	»	»	1219	1240	1229	1231	
»	»	»	.11	.346	1347	1372	1372	1374	
»	»	»	»	»	1374	1400	1406	1408	
»	»	»	»	»	1334	1359	1367	1369	
Oct. 12	»	3	.31	»	1336	1358	1360	1362	
»	»	»	»	»	1335	1357	1357	1359	
»	»	»	»	»	1339	1361	1360	1362	
»	»	»	.21	»	1488	1515	1515	1517	
»	»	»	»	»	1502	1529	1523	1525	
»	»	»	»	»	1475	1502	1511	1513	
»	»	»	.11	»	1619	1649	1669	1671	
»	»	»	»	»	1614	1644	1658	1660	
»	»	»		»	1602	1632	1657	1659	
»	»	»	.31	»	1529	1556	1581	1584	
»	»	»	»	»	1545	1573	1538	1586	
»	»	»	.21	»	1695	1726	1739	1742	
»	»	»	»	»	1683	1714	1785	1738	
»	»	»	.11	»	1808	1842	1870	1873	
»	»	»	»	»	1806	1840	1874	1874	

Suite du tableau précédent.

Dates.	Force rel. de la poud.	Charge.	Vent du boulet.	Poids du boulet.	Vitesse du boulet. au pendule balistique. expér.	Vitesse du boulet. au pendule balistique. calculée.	Vitesse du boulet. au canon pendule. expér.	Vitesse du boulet. au canon pendule. calculée.	Observations.
1848		liv.	pou.	livres.	pieds	pieds	pieds	pieds	
Oct. 16	A.	3.	0.13	12.496	1540	1599	1599	1626	Ramoné à la vitesse initiale du boulet de 16, 3, et au vent de 0po, 12.
»	»	»	»	.386	1556	1620	1620	1639	
»	»	»	»	.346	1550	1594	1629	1646	
»	B.	»	»	.456	1495	1543	1560	1582	
»	»	»	»	.386	1519	1564	1573	1592	
»	»	»	»	.486	1510	1562	1567	1593	
»	F 2	»	»	.426	1453	1498	1517	1541	
»	»	»	»	.536	1394	1444	1439	1465	
»	»	»	»	.366	1412	1454	1475	1493	
»	G 6	»	»	.466	1617	1670	1655	1680	
»	»	»	»	.476	1608	1661	1654	1679	
»	»	»	»	.466	1621	1674	1654	1676	
»	H.	»	»	.496	1500	1533	1573	1600	
»	»	»	»	.396	1520	1566	1578	1598	
»	»	»	»	.446	1518	1566	1576	1598	
Oct. 21	A.	2.5	»	.416	1413	1456	1467	1486	
»	»	»	»	.416	1440	1483	1487	1505	
»	»	»	»	.336	1454	1495	1510	1526	
»	»	»	»	.75	1411	1473	1467	1505	Boulets fixés à la charge.
»	»	»	»	.76	1428	1490	1473	1511	
»	»	»	»	.46	1439	1496	1485	1518	
»	»	2.	0.15	6.266	1661	1755	1720	1763	
»	»	»	»	.166	1685	1774	1743	1780	
»	»	»	»	.196	1671	1764			
»	»	3.	3	.156	2035	2125	2099	2129	
»	»	»	»	.176	2031	2123	2103	2135	
»	»	»	»	.166	2036	2127	2108	2139	

Le tableau suivant présente la moyenne des expériences de chaque espèce.

Espèce de canon	Numéro.	Poudre. Espèces.	Poudre. Poids.	Projectile Vent.	Projectile Poids.	Vitesse initiale au pendule balistique.	Observations.
			Liv.	pou.	Liv.	Pieds.	
Canon en bronze de 6 livres. — Longr. d'âme 16 calibres.	3	A. 2	1.25	0.09	6.15	1439	
	3	»	1.5	»	»	1594	
	3	»	2.	»	»	1741	
	3	B. 1	1.5	»	»	1542	
	3	E.	»	»	»	1350	
	3	F. 1	»	»	»	1454	
	3	G. 1	»	»	»	1522	
	3	G. 6	»	»	»	1650	
	3	H.	»	»	»	1529	
	3	A. 3	»	»	»	1531	
	3	»	»	»	»	1556	Boulet fixé à la charge.
	3	»	»	0.19	»	1373	
Canon en bronze de 12 livr. — Longr. d'âme 10 calibres.	3	A. 3	1.	0.1	8.9	1054	
	3	»	1.25	»	»	1178	Boulet fixé à la charge.
	3	»	2.	»	12.3	1249	

Espèce du canon.	Numéro.	Poudre. Espèces.	Poudre. Poids.	Boulet. Vents.	Boulet. Poids.	Vitesse initiale au pendu balistique.	Vitesse initiale au canon pendule.	Observations.
			liv.	pouc.	liv.	pieds.	pieds.	
Canon en fer	3	A.	2.	0.31	12.3	1148	1123	
de 12 livr.	3	»	»	.21	»	1294	1268	
—Longueur	3	»	»	.11	»	1402	1425	
25 calibres.	3	»	3.	.31	»	1451	1417	
	3	»	»	.21	»	1598	1563	Tourné.
	3	»	»	.11	»	1750	1724	
	3	»	4.	.31	»	1635	1622	
	3	»	»	.21	»	1810	1780	
	3	»	»	.11	»	1959	1936	
	3	»	2.	.12	»	1411	1395	
	4	»	3.	»	»	1734	1710	
	3	»	4.	»	»	1933	1907	
	3	»	5.	»	»	2098	2077	
	3	»	6.	»	»	2238	2214	
	2	»	7.	»	»	2300	2281	
	2	»	8.	»	»	2324	2294	
	3	»	2.	»	6.15	1833	1813	
	3	»	3.	»	»	2319	2245	Obus.
	3	»	4.	»	»	2580	2477	
	2	»	3.	»	24.88	1256	1244	
	2	»	4.	»	»	1409	1409	
Canon en fer	3	A.	2.	0.12	12.3	1378	1367	
de 12 livr.	3	»	3.	»	»	1674	1666	
—Longueur	3	»	4.	»	»	1906	1899	
d'âme 22 1/2	3	»	5.	»	»	2070	2051	
calibres.	3	»	6.	»	»	2161	2155	
Canon en fer	3	A.	2.	0.12	0.12	1346	1338	
de 12 livr.	3	»	3.	»	»	1635	1640	
—Longueur	3	»	4.	»	»	1850	1859	
d'âme 19 ca-	3	»	5.	»	»	2009	2019	
libres.	2	»	5.	»	»	2097	2115	

Espèce de canon.	Numéro.	Poudre.		Boulet.		Vitesse initiale.		Observations.
		Espèces.	Poids.	Vents.	Poids.	au pendule balistique.	au canon pendule.	
			liv.	pouc.	liv.	pied	pied	
Canon en bronze de 12 livres — Longueur d'âme 16 calibres.	3	A.	2.	0.31	12.3	1114	1104	
	3	»	»	.21	»	1246	1242	
	3	»	»	.11	»	1377	1384	
	3	»	3.	.31	»	1359	1361	
	3	»	»	.31	»	1515	1518	Boulets tournés.
	3	»	»	.21	»	1642	1663	
	2	»	4.	.11	»	1563	1583	
	2	»	»	.31	»	1720	1740	
	2	»	»	.11	»	1841	1875	
	3	A	3.	0.12	12.3	1597	1637	
	3	B	»	»	»	1556	1589	
	3	F.2	»	»	»	1465	1500	
	3	G.6	»	»	»	1608	1578	
	3	H.	»	»	»	1562	1599	
	3	A.	2.5	0.12	12.3	1478	1506	Valet.
	3	»	»	»	»	1846	1511	Boulets fixés à la charge.
	3	A.	2.	0.12	6.15	1564	1772	Obus.
	3	»	3.	»	»	2123	2134	

VI

Remarques sur les expériences précédentes.

La comparaison des vitesses initiales inscrites dans les deux colonnes du tableau précédent, montre qu'elles s'accordent suffisamment comme dans la première expérience. Les plus grandes différences sont relatives aux projectiles légers tirés à fortes charges. toujours comme dans les premières expériences. La concordance des résultats obtenus avec des charges ordinaires et des canons de moyenne longueur est remarquable.

Nous nous bornerons, à ce sujet, aux observations que nous avons faites dans notre premier rapport.

Influence des diverses espèces de poudre sur les effets du tir des bouches à feu de divers calibres.

Pour reconnaître cette influence, je choisis parmi les espèces de poudres essayées avec le canon de 24, celles qui présentaient les différences les plus notables par leur mode de fabrication et leurs effets.

Elles furent mises en expérience dans des canons de 6 livres et 12 livres, qu'on tira au quart du poids de leur boulet, comme l'avait été celui de 24 avec la même poudre.

Le tableau suivant montre le résultat de ces tirs comparatifs; les résultats du tir du canon de 24 sont extraits de mon premier rapport. La force des diverses poudres est comparée, comme précédemment, à la poudre type G 6.

Espèce de poudre.	Canon de 6 liv. de 16 calibres		Canon de 12 l. de 16 calibres		Canon de 24 l. de 18 1/2 cal.		Observations.
	vitesse initiale	force relative à la poudre.	vitesse initiale	force relative de la poudre.	vitesse initiale	force relative de la poudre.	
	Pieds.		Pieds.		Pieds.		
G. 6	1650	1000	1668	1000	1774	1000	*Vent*
A.	1563	947	1597	957	1702	959	Pour 6 liv. est 0.09 in. – $\frac{1}{40}$
B.	1542	935	1556	953	1627	917	
G. 1	1522	922			1661	936	12 liv. est 0.12 in. – $\frac{1}{38}$
H.	1529	927	1562	936	1628	918	24 liv. est 0.135 in. – $\frac{1}{43}$
F.	1454	881	1463	878	1527	861	

Ce tableau montre que les diverses espèces de poudres sont classées, pour chaque canon, dans le même ordre de force relative, car la poudre G6 est la première du tableau, la poudre A vient ensuite, les poudres B, G.1, H, sont sensiblement égales, enfin la poudre F est la plus faible. Les diférents canons donnent aussi aux différentes poudres sensiblement la même force relative, d'où il résulte qu'on peut employer un quelconque d'entre eux pour classer les poudres.

Ainsi le canon de 6 livres, tiré à la charge de 1/2 livre, pourra servir à éprouver la poudre au canon pendule.

L'appareil nécessaire pour un canon de ce calibre serait peu encombrant et d'une faible dépense, même si le canon et le bloc pendule étaient disposés de manière à donner l'un et l'autre la force de la poudre. Mais quoique l'emploi d'un canon pendule et d'un bloc pendule donne des résultats plus satisfaisants, mes expériences ont montré que ceux donnés par le pendule-canon seul, suffisent pour l'objet actuel tout comme ceux que donnent le bloc-pendule. On pourra donc supprimer ce dernier et tirer sur une butte de terre, ce qui donnera un moyen facile et expéditif d'essayer les poudres.

Il serait utile de comparer entre eux les résultats obtenus par le canon pendule de 6 et par le bloc pendule, afin de vérifier la formule usitée pour le calcul des vitesses initiales au moyen du pendule et de la disposer pour le canon pendule de 6.

Les expériences paraissent indiquer qu'une bonne poudre de guerre donnerait une vitesse initiale d'environ 1500 pieds à un projectile normal tiré dans le canon de 6 de 16 calibres, avec la charge de 1 1/2 livre.

Vitesses initiales des boulets tirés avec le canon et les obusiers de campagne.

Le tableau suivant donne les résultats des expériences

faites avec pièces de campagne tirées sous différentes charges.

Espèce de bouche à feu.	Espèce de poudre.	Poids du projectile.	Charge de poudre et vitesse des projectiles.							Observations.
			Liv. 1	Liv. 1.25	Liv. 1.5	Liv. 2	Liv. 2.5	Liv. 3	Liv. 4	
		Liv.	Pieds.	Pieds.	Pieds.	Pieds.	Pieds.	Pieds.	Pieds.	
Canon de 6.	A, 2	6.15		1439	1594	1741				Valets.
	»	»			1331					Boulet fixé à la charge.
	»	»			1336					
Obusier de 12.	8.9	8.9	1054	1178						Obus fixé à la charge.
	12.3	12.3				1249				
Canon de 12.	A.	12.3				1362	1478	1597	1826	Valet.
	»	»					1486			Boulet fixé à la charge.
	»	6.13				1764		2123		

La vitesse initiale des boulets de 6 livres et 12 livres de campagne respectivement tirés aux charges réglementaires de 1 1/4 et 2 1/2 livres est d'environ 1450 pieds. Cette vitesse est suffisante pour le service de campagne, et les résultats me paraissent confirmer les avantages des charges réduites au *cinquième* du poids du boulet pour le service de campagne, avan-

tages signalés d'abord par Robins puis par Hutton.

La vitesse initiale des boulets fixés au sabot est plus grande que celle des boulets sans sabot, malgré l'augmentation de poids du projectile ensaboté. Cela met en évidence la propriété du sabot pour augmenter la vitesse initiale, propriété qui résulte probablement de ce qu'il empêche les fuites du gaz par le vent.

Les canons de 6 et de 12 qui sont semblables donnent des vitesses initiales égales, avec des charges proportionnelles au poids de leurs projectiles.

La vitesse initiale des boîtes et obus à balles tirées dans les obusiers de campagne avec la charge ordinaire est d'environ 1000 pieds, celle des obus est d'environ 1075 pieds.

Du vent.

Ayant fait quelques expériences sur le vent, depuis mon premier rapport, je résumerai dans le tableau suivant les résultats obtenus à ce sujet avec des canons de divers calibres et la poudre A.

Expériences sur le vent.

Espèce de canon.	Charge de poudre A.	Poids du boulet.	Vent du boulet.	Vitesse initiale.	Différence du vent.	Différence de la vitesse.
	Livres.	Livres.	Pouces.	Pieds.	Pouces.	Pieds.
23 livres. 16 1/2 calibres.	4	33.3	0.013	1401		
	»	»	.133	1300	0.12	101
	»	»	.253	1170	.12	130
24 livres 18 1/2 calibres.	»	24.25	0.007	1578		
	»	»	.115	1439	0.108	119
	»	»	.245	1332	.13	127
	»	»	.358	1197	.11	135
	6	»	.115	1749		
	»	»	.245	1696	.13	153
	»	»	.345	1465	.11	131
12 livres en fer 23 calibres	2	»	0.11	1452		
	»	»	.21	1294	0.1	158
	»	»	.31	1148	.1	146
	3	»	0.11	1750		
	»	»	.21	1598	.1	152
	»	»	.31	1451	.1	147
	4	»	0.11	1939		
	»	»	.21	1810	.1	149
	»	»	.31	1655	.1	155
12 livres en bronze 16 calibres.	2	»	0.11	1377		
	»	»	.21	1246	.1	131
	»	»	.31	1114	.1	132
	3	»	0.11	1642		
	»	»	.21	1515	.1	127
	»	»	.31	1359	.1	156
	4	»	0.11	1841		
	»	»	.21	1720	.1	121
	»	»	.31	1565	.1	155
6 livres 152/3 calib.	1.5	6.15	0.09	1563		
	»	»	.19	1373	.1	190

La comparaison des résultats inscrits aux colonnes des différences confirme la conclusion suivante de mon premier rapport, *la perte de vitesse par le vent est proportionnelle au vent.*

Il semblerait aussi que la perte absolue de vitesse par un accroissement de vent est sensiblement indépendante des charges en usage ; de sorte que la perte serait relativement moins forte pour les grandes charges que pour les petites.

J'ai essayé de déterminer la perte de vitesse produite par le vent réglementaire ; dans ce but, j'ai eu recours aux expériences faites avec les canons de 32 et 24 pour établir le tableau suivant, qui présente : la vitesse des boulets de différents calibres tirés sans vent avec les charges réglementaires ; les pertes de vitesses absolues et relatives produites par le vent : enfin la perte due au vent réglementaire de 1/40 du diamètre de l'âme des bouches à feu.

La colonne des pertes proportionnelles de vitesse donne le rapport de la perte de vitesse à la vitesse totale.

Espèce de canon.	Charge		Vitesse initiale du projectile sans vent.	Vitesse initiale du projectile avec un vent de 1/4 diamètre de l'âme.	Perte de vitesse pour un vent de 1/40		Perte de vitesse pour un vent de 0po, 1.	
	poids.	rapport au poids du boulet.			absolue.	proportion.	absolue.	proportion.
	Liv.		Pieds.	pieds.	pied	pied		
32 livres, 16 3/4 calib.	4	1/8	1444	1271	173	12	108	8
24 livres, 18 1/2 calib.	4 6	1/6 1/4	1600 1890	1433 1723	167 167	10 9	115 115	7 6
12 livres, 25 calibres.	» » »	1/6 1/4 1/3	1617 1915 2124	1444 1742 1951	173 173 173	11 9 8	150 150 150	9 8 7
12 livres, 16 calibres.	2 3 4	1/6 1/4 1/3	1528 1793 1992	1370 1635 1834	158 158 158	10 9 8	137 137 137	9 7 1/2 7
6 livres, 15 2/3 calib.	1.5	1/4	1734	1560	174	10	190	11

Ce tableau montre que les pertes de vitesse restent sensiblement les mêmes pour les canons de divers calibres, quand le vent est proportionnel au calibre. Le rapport de la perte de vitesse à la vitesse totale est

aussi sensiblement constant pour des charges proportionnelles au poids du projectiles: ce rapport diminue par conséquent quand la charge et la vitesse augmentent.

Les pertes absolues et relatives de vitesse sont en raison inverse des calibres pour le même vent, comme le montre la dernière colonne du tableau précédent où sont inscrites les pertes de vitesse correspondant à un vent 0°,1. On voit en effet que les pertes de vitesse dues au vent de 0°,1, pour le canon de 6 et le canon de 24, avec des charges proportionelles, sont sensiblement en raison inverse des calibres.

La perte absolue de vitesse par le vent paraît être un peu plus considérable pour le canon long de 12 que pour le court, et la perte relative être sensiblement la même pour les deux; mais il ne faut pas oublier que ces deux bouches à feu sont de poids et de métaux différents, circonstances qui ont pu influer sur les résultats.

Il est à regretter que la confiance dans la durée du canon d'essai en fer m'ait déterminé à le racourcir progressivement au lieu de le réduire d'abord à 16 calibres puis à 12 où 10, ce qui aurait donné des résultats plus comparables et permis d'étendre les expériences comparatives sur le tir des canons en fer et en bronze et sur celui du canon à chambre.

Vitesses des boulets de même poids, tirés avec différentes charges; et de ceux de différents poids tirés avec la même charge, dans le même canon.

J'ai démontré dans mon premier rapport que pour établir une relation entre la vitesse initiale du boulet, son poids et la charge de poudre, il fallait exprimer cette dernière en fraction du poids du projectile pris pour unité, et que cette relation était approximativement représentée par la formule empirique suivante due au colonel Piobert :

$$V = M \sqrt{Log\left(1 + \frac{c}{B}\right)}$$

Dans laquelle, *c* est le poids de la charge, B celui du boulet, M un coëfficient constant déterminé par l'expérience pour chaque espèce de poudre. Cette formule s'applique à tous les cas où la charge est telle que son effet peut être produit avant que le boulet quitte le canon.

Le tableau suivant donne le moyen de comparer les vitesses données par l'expérience et celles calculées au moyen de la formule précédente, pour les canons de 16

calibres au moins, tirés avec des charges de poudre A, dont le maximum était 1/3 du poids du boulet.

Cette comparaison montre que l'on peut employer avec toute sécurité la formule précédente pour calculer la vitesse initiale des projectiles si l'on adopte les valeurs de M indiquée dans le tableau.

Canons.	Poids du boulet.	Charge de poudre.	Vitesse donnée par l'expérience.	Vitesse calculée.	Observations.
	livres.	livres.	pieds.	pieds.	
6 livres. Bronze. 16 calibres.	6.13	1.25	1439	1429	Vent 0.09 pouces, M = 5040.
		1.5	1563	1553	
		2.	1841	1762	
12 livres. 16 calibres.	6.13	2.	1784	1808	Vent du canon de 12 livres, 0°,12.
		3.	2123	2148	
	12.3	2.	1362	1323	M = 5170.
		2.5	1478	1465	
		3.	1597	1592	
		4.	1826	1808	
12 livres. Fer. 16 calibres.	12.3	2.	1346	1356	M = 5390.
		3.	1635	1632	
		4.	1830	1833	
12 livres. 22 1/2 calibres	12.3	2.	1378	1389	M = 5430.
		3.	1674	1672	
		4.	1906	1899	
12 livres. 25 calibres.	6.13	2.	1833	1949	
		3.	2319	2313	
		4.	2580	2597	
	12.3	2.	1411	1425	M = 5570.
		3.	1734	1715	
		4.	1933	1949	
	24.88	3.	1256	1240	
		4.	1409	1417	

Vitesse des boulets de même poids, mais de densité différente, tirés dans des canons de différents calibres.

Les expérieuces faites avec les canons de 32 et de 24, après avoir subi les corrections nécessitées par les petites différences de poids des projectiles et du vent, ont donné le moyen de dresser le tableau suivant qui donne : la vitesse des boulets de même poids, mais de diamètres ou densités variables, tirés dans des canons de différents calibres et avec la même charge de poudre.

Charge de poudre.	Boulets.			Calibre et longueur de l'âme.	Vitesse initiale.	Observations.
	Poids.	Diamètre.	Vent 1/40 de diamètre.			
Liv.	Liv.	Pouc.	Pouc.		pied	
		3.58	0.09	6 liv., 16 cal.	1741	
2	6.15	4.505	.115	12 liv., 16 cal.	1771	
		»	»	11 liv., 25 cal.	1840	
		4.505	0.115	12 liv., 16 cal.	1825	
		»	»	12 liv., 19 cal.	1857	Calculée d'après
4	12.3	»	»	12 liv., 22 cal.	1913	la vitesse du
		»	»	12 liv., 55 cal.	1946	boulet pesant
		5.675	0.145	24 liv., 18 ½ cal	1953	17, 68 livres.
		4.515	0.115	12 liv., 25 cal.	1434	
4	24.25	5.675	.145	24 liv., 18 1/2 c	1439	
		6.24	.16	32 liv., 17 5/4 c	1436	

Ce tableau montre que, malgré l'accroissement de la superficie annulaire du vent avec les calibres, une même charge de poudre communique aux boulets de mêmes poids tirés dans des bouches à feu de différents calibres et de longueurs d'âme proportionnelles, des vitesses croissantes avec les calibres, mais non aussi rapidement. Cette conséquence résulte aussi de l'augmentation

de la valeur du coëfficient M avec le calibre et la longueur d'âme.

Cet accroissement de puissance d'une même quantité de poudre peut être attribué à trois causes: 1° l'inflamation plus rapide de la charge, dont la longueur est réduite quand le calibre augmente; 2° la diminution de la surface contigue de l'âme qui réduit l'absorption du calorique dégagé par la combustion de la poudre; 3° l'accroissement de la surface du boulet sur laquelle s'exerce l'action du gaz.

Vitesse initiale des boulets tirés dans des canons de différentes longueurs et avec la même charge.

Je regrette que mes expériences à ce sujet aient été interrompues par l'éclatement du canon de fer après la réduction de 25 à 19 calibres; cette différence de longueur est insuffisante pour déduire des résultats la relation qui existe entre la diminution de vitesses et celle des canons. Quoique ces expériences aient été ensuite continuées avec un canon de 12 en bronze de 16 calibres de longueur, il n'est pas douteux que l'emploi d'un canon différent du premier par le métal et le poids n'ait modifié les résultats.

Les résultats de ces expériences, avec les poudres A, sont représentés dans le tableau suivant :

Charge.	Longueur de l'âme et vitesse initiale.				Observations.
	25 cal.	22 ½ c.	19 cal.	16 cal.	
Livres.	Pieds.	Pieds.	Pieds.	pieds.	
2	1411	1378	1346	1362	Vent 0.12 pouce.
3	1734	1676	1635	1597	
4	1933	1906	1880	1826	
5	2098	2050	2009		
6	2239	2161	2097		
7	2300				
8	2394				

Ce tableau montre que la vitesse augmente avec la longueur d'âme; une seule exception a lieu pour la charge de 2 livres et la longueur d'âme de 16 calibres. Cette exception n'est qu'apparente; car il n'a pas été fait d'expériences directes avec cette charge, et la vitesse a été déduite de celle obtenue avec le boulet qui avait un vent de 0p,11 dans les expériences faites sur le vent des boulets. En effet la vitesse initiale corres-

pondant à la charge de deux livres, et calculée d'après celle qui est due à 3 livres de poudre serait 1327 pieds.

Quoique la vitesse augmente avec la longueur d'âme il est bon de remarquer que l'augmentation est très lente, car le canon de 16 calibres de longueur d'âme augmenté de 9 *calibres*, ou de plus de *moitié*, accroît seulement la vitesse *d'un douzième* pour la charge de 2 livres, et *d'un dix-huitième* pour celle de 4 livres.

Je n'ai pas compris dans le tableau précédent les expériences faites avec l'obusier de 12 livres, parce qu'il est à chambre et qu'elle ne peut contenir la charge de 2 livres.

Charge du maximum d'effet.

Le tableau précédent montre qu'avec un canon de 25 calibres les charges de 6, 7 et 8 livres de poudre A, donnent de vitesses sensiblement égales. Aussi, avec cette poudre, la charge des *deux tiers* du poids des boulets peut-elle être regardée comme un maximum au-delà duquel la vitesse n'augmente plus sensiblement.

L'éclatement du canon m'a empêché de déterminer la charge maxima convenant au canon de 16 calibres,

mais l'analogie me conduit à admettre qu'elle n'excéderait pas *la moitié* du poids du boulet. L'accroissement de vitesse qui résulte de l'emploi de charges plus considérables est en effet si faible que l'augmentation de la charge entraîne une consommation inutile de poudre. On peut voir dans le journal de mes expériences que les vitesses obtenues avec 7, et 8 livres de poudre ne different pas sensiblement.

Si l'on compare les effets de réaction produit par les diverses charges, effets mesurés par le recul du canon-pendule, on reconnaît que toute augmentation de la charge au de-là du tiers du poids du boulet augmente le recul ou la quantité de mouvement du canon-pendule beaucoup plus rapidement que la vitesse initiale du boulet. C'est ce que montre le tableau suivant résultant des expériences faites avec le canon de 12.

Date.	Charge.	Vitesse initiale du boulet	Moment du canon-pendule.	Observations.
1847.	Liv.	Pieds.		
Juillet 7	2	1141	22,700	
8	3	1734	29,700	
[illegible]	4	1932	35,000	
10	5	[illegible]	40,200	
10	6	2250	45,000	
13	7	2300	48,900	
10	8	2324	51,800	
	6	2230	45,258	N° 42, Juill., 10, 1847
	7	2246	48,729	» 61, » 13, »
	8	2270	50,995	» 45, » 10, »

Les résultats de ces nouvelles expériences confirment les conclusions posées dans mon premier rapport, savoir : qu'avec notre meilleure poudre, la charge *du quart* du poids du boulet donne une vitesse suffisante pour les besoins du service, excepté pour battre en brèche, et que pour ce dernier emploi il n'y a pas d'avantage marqué à dépasser la charge d'*un tiers* du poids du boulet, si l'on a égard à l'accroissement de fatigue qui en résulterait pour le canon et l'affut.

Je termine ce rapport par un tableau déduit de ces expériences, dans lequel je montre la vitesse initiale des différents projectiles tirés avec leur charge réglementaire de poudre A. La vitesse des boîtes à balles et des grappes que nous n'avons pu mesurer directement a été calculée par la formule relative au recul du canon.

Canons.	Projectile. Espèce.	Projectile. Poids.	Charge.	Vitesse initiale.	Observations.
		Livres.	Liv.	Pied	
Canon de 6 de campagne.	Boulet. . .	6.15	1.25 1.5 2.	1439 1563 1741	
	Obus à balle Boîte à balle	5.5 6.7	1. 1.	1357 1230	
Canon de 12 de campagne.	Boulet. . .	12.3	2.5 3. 4.	1586 1597 1826	
	Obus à balle Boîte à balle	11. 13.5	2. 2.	1392 1262	
Obusier de 12 de campagne.	Obus . . .	8.9	1. 1.25	1054 1178	
	Obus à balle Boîte à balle	11. 9.64	1. 1.	953 1015	

Canons.	Projectile.		Charge.	Vitesse initiale.	Observations.
	Espèce.	Poids.			
		Livres.	Liv.	Pied	
Canon de 12 de siége et place.	Boulet. . .	12.3	2. 3. 4.	1378 1674 1906	
	Obus . . .	8.9	2. 3.	1611 1029	
Canon de 24 de siége et place.	Boulet. . .	24.25	3. 4. 6. 8.	1240 1440 1680 1870	
	Obus . . .	17.	3. 4.	1470 1670	
	Boîte à balle	29.	3. 4.	1135 1303	
	Grappe . . .	30.6	3.4 4.	1108 1272	
Canon de 32 de côté.	Boulet. . .	32.3	4. 5.33 8. 10.67	1250 1430 1640 1780	
	Obus . . .	23.4	4. 5.33	1450 1657	
	Boîte à balle	37.	4 5.33	1172 1342	
	Grappe . . .	29.75	4. 5.3	1133 1297	

APPAREILS

CHRONO-ÉLECTRIQUES

A INDUCTION

APPLICATION AUX EXPÉRIENCES BALISTIQUES

PAR

MARTIN DE BRETTES

Capitaine d'artillerie, inspecteur des études à l'École Polytechnique

(*Voir le volume précédent.*)

IV.

MESURE DU TEMPS DU PARCOURS D'UN ARC.

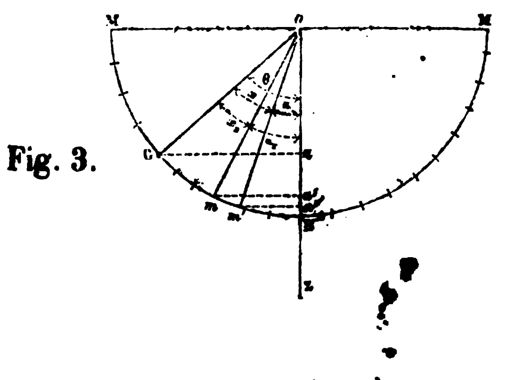
§ 1. *Mesure par le calcul.*

Il sera maintenant facile de trouver le temps employé par le pendule composé pour décrire un

arc quelconque de l'amplitude de son oscillation, car ce temps serait égal à celui qu'emploirait le pendule simple synchrone, dont nous connaissons la longueur L, pour parcourir le même angle s'il oscillait dans les mêmes circonstances.

L'équation (2) $\omega = \sqrt{\frac{2g}{L}(\cos\alpha - \cos\theta)}$ donne la vitesse angulaire acquise par le pendule simple, lorsqu'il est arrivé à faire l'angle α avec la verticale (fig. 3), après être parti du repos sous l'angle θ.

Fig. 3.



Cette vitesse serait $\omega' = \sqrt{\frac{2g}{L}(\cos\alpha' - \cos\theta)}$ et celle du point G $V'_{,} = \omega' L$.

La même équation (2) appliquée au cas où le pendule serait assez descendu pour faire l'angle α', avec la verticale donnerait pour la vitesse acquise dans la nouvelle position

$$\omega'' = \sqrt{\frac{2g}{L}(\cos\alpha'' - \cos\theta)}$$

et pour celle du point G $\quad V'' = \omega'' L.$

L'angle de descente du pendule dans ce deuxième cas, étant arbitraire, on peut le prendre assez petit pour que les vitesses ω' et ω'' diffèrent aussi peu qu'on le voudra, et que la vitesse de son parcours puisse être regardée comme constante et égale à $\frac{\omega' + \omega''}{2}$ que nous désignerons par Ω; la vitesse du parcours de l'angle $\alpha_1 - \alpha$ ou de l'arc élémentaire $mm' = \Delta$ sera: $W = \Omega L$; on aura donc d'après la mécanique :

$$(k) \qquad W = \frac{\Delta}{\tau} \quad \text{d'où} \quad \tau = \frac{\Delta}{W} \quad \text{ou} \quad \tau = \frac{\Delta}{\Omega L}$$

τ étant la durée du parcours de l'arc Δ.

En remplaçant ρ par sa valeur la formule deviendra :

$$\tau = \frac{\Delta}{\frac{1}{2}\left[\sqrt{2g\,\mathrm{L}\,(\cos\alpha - \cos\theta)} + \sqrt{2g\,\mathrm{L}\,(\cos\alpha_1 - \cos\theta)}\right]} \tag{A}$$

$\theta_1 - \theta$ étant l'angle correspondant à l'arc Δ.

Si on exprime (fig. 3) en fonction des angles $x_1\ x$, que le pendule fait avec sa position initiale, ceux α_1, α, qu'il fait avec la verticale, et dont la différence correspond à l'arc Δ, on a $\alpha = \theta - x$, $\alpha_1 = \theta - x_1$, et $\alpha_1 - \alpha = x - x_1$, ce qui détermine la position de cet arc élémentaire relativement à l'origine d'oscillation.

La formule précédente qui devient alors

$$\tau = \frac{\Delta}{\frac{1}{2}\left[\sqrt{2g\,\mathrm{L}\,[\cos(\theta - x) - \cos\theta]} + \sqrt{2g\,\mathrm{L}\,[\cos(\theta - x_1) - \cos\theta]}\right]} \tag{B}$$

permet de calculer le temps τ du parcours du petit arc Δ dont on connaît les distances angulaires $x\ x_1$ de ses extrémités à la direction initiale θ du pendule, et par conséquent la grandeur et la position.

Si nous supposons *l'arc oscillatoire descendant* du pendule divisé entièrement en petits arcs Δ_1 Δ_2 Δ_3 Δ_4, etc., remplissant les conditions énoncées précédemment pour l'arc Δ, on obtiendra pour chacun d'eux, les vitesses moyennes de parcours : $\Omega_1 L$, $\Omega_2 L$, $\Omega_3 L$, etc., et par suite, les temps correspondants :

$$\tau_1 = \frac{\Delta_1}{\Omega_1 L}, \quad \tau_2 = \frac{\Delta_2}{\Omega_2 L}, \quad \tau_3 = \frac{\Delta_3}{\Omega_3 L}, \text{ etc.}$$

dont la somme sera le temps de la descente du pendule pendant la 1/2 oscillation. Le pendule parcourant, avec des vitesses égales et des temps égaux, les arcs égaux semblablement placés sur la courbe ascendante, il sera inutile de les calculer.

Si l'on suppose toutes les divisions de l'arc d'oscillation égales à Δ et en nombre N dans la circonférence, on aura :

$$, + \Delta, \quad \Delta, \quad \text{etc.}, = N\Delta = 2\pi L$$

$$(4) \qquad \text{d'où } \Delta = \frac{2\pi L}{N}$$

Et par suite l'équation (B) devient

$$(C)\quad \tau = \frac{\pi 2 L}{\frac{N}{2}\left[\sqrt{2gL[\cos(\theta-\alpha)-\cos\theta]}+\sqrt{2gL[\cos(\theta-\alpha_1)-\cos\theta]}\right]}$$

Si l'on suppose assez petit l'arc d'un degré pour satisfaire aux conditions énoncées; on a $\Delta = 1°$, $N = 360°$ et la formule (C), devient

$$(D)\quad \tau = \frac{\pi L}{360\left[\sqrt{2gL[\cos(\theta-\alpha)-\cos\theta]}+\sqrt{2gL[\cos(\theta-\alpha_1)-\cos\theta]}\right]}$$

Le savant capitaine belge Navez, auteur d'un pendule électro-balistique (1) a trouvé que, lorsque la durée de l'oscillation très-petite est 0'',3234, on peut se borner aux divisions de l'arc en degrés. Les résultats obtenus avec son appareil ont justifié ses prévisions. La longueur du pendule simple correspondant à cette durée est 0,m10168.

On pourra adopter comme maximum cette longueur, et se borner alors à calculer la valeur de τ pour chaque degré. Si on observe que la

(1) *Application de l'Electricité à la mesure de la vitesse des projectiles*, Paris, 1853.

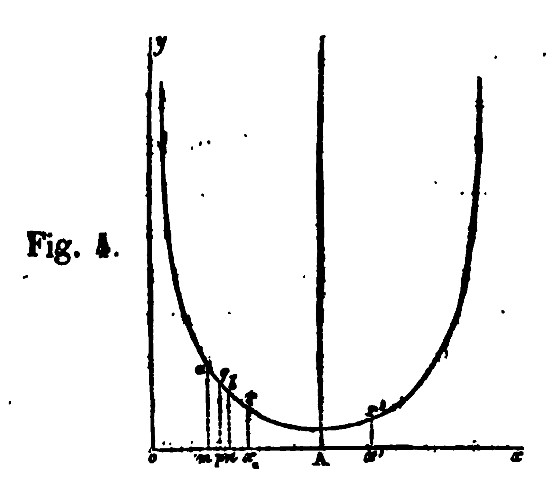
vitesse est la même pour des arcs symétriquement placés par rapport à la verticale, on reconnaîtra qu'il suffit de calculer τ pour les degrés de la demi oscillation descendante. Le calcul peut être encore réduit, car les arcs dont on fait usage sont placés autant que possible à la partie inférieure de la courbe d'oscillation, afin que le pendule décrive le plus grand arc possible pendant un temps donné. On pourra généralement se borner à calculer les valeurs de τ pour les 50 ou 60 degrés les plus voisins de la verticale.

On calcule donc d'avance de degré en degré, et une fois pour toutes, la valeur de τ à compter du degré $\theta - x = 60°$, jusqu'à $\theta - x = 90°$, en remplaçant successivement dans la formule : (D) $(\theta - x)$ par 60°, 59°..... 2°, 1°, et $(\theta - x_1)$ par 59° 58°.... 1°, 0°; on dressera ensuite une table indiquant la valeur de τ pour chacun des degrés précédents; cette valeur de τ servira pour avoir ultérieurement le temps de parcours : soit d'un arc de descente d'une longueur quelconque comprise entre $\theta - x = 60°$ et $\theta - x = 0°$, soit d'un arc compris entre $\theta - x$ et le degré symétrique. On obtiendrait par interpolation le temps correspondant à une fraction de degré.

§ 2. *Mesure du temps par un procédé graphique.*

On pourrait remplacer avantageusement la table précédente par une courbe (fig. 4), construite en prenant pour abcisses les valeurs successives Δ, 2Δ, 3Δ, 4Δ, etc., de l'arc x d'oscillation, compté de l'origine du mouvement du pendule, et pour ordonnées l'unité divisée par les vitesses correspondantes $\omega' L$, $\omega'' L$, $\omega''' L$, etc.

Fig. 4.



Ces vitesses croissant dans la 1/2 oscillation descendante jusqu'à la partie inférieure de la courbe, puis reprenant dans la 1/2 oscillation

ascendante les mêmes valeurs pour des positions symétriques, les ordonnées $\frac{1}{\omega L}$ diminueront jusqu'au point A, correspondant à l'abcisse égale au 1/2 arc d'oscillation, puis elles augmenteront, et reprendront des valeurs égales à leurs symétriques relativement au point A (1).

Si, par les différents points de division des abcisses situées aux distances Δ, 2Δ, 3Δ, etc. de l'origine O, on élève des ordonnées jusqu'à la rencontre de la courbe, l'aire du petit trapèze, formé par deux ordonnées élevées aux extrémités de l'arc rectifié d'un degré et l'élément de courbe intercepté, représentera précisément le temps du parcours de cet arc élémentaire.

Si nous considérons, par exemple, le trapèze $mnba$ (fig. 4), on a :

$$mn = \Delta \qquad ma = \frac{1}{\omega' L}, \quad nb = \frac{1}{\omega'' L}$$

et, pour l'ordonnée moyenne, qui joint le milieu des côtés, la ligne pq :

$$pq = \left(\frac{1}{\frac{\omega' + \omega''}{2}}\right) = \frac{1}{\Omega L}$$

(1) L'unité de l'ordonnée et de l'arc développé est le mètre.

plus grand et les trapèzes curvilignes plus rapprochés des trapèzes rectilignes inscrits.

On pourrait même éviter le calcul de ces quadratures et rendre plus rapide la détermination de la mesure du temps du parcours d'un arc en employant le procédé graphique suivant.

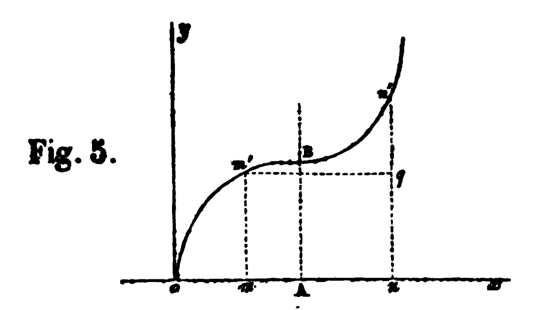


Fig. 5.

A cet effet, on construirait une courbe (fig. 5), dont les abcisses seraient les valeurs successives x que prend l'arc décrit par le pendule, à partir de sa position initiale de départ, et les ordonnées les temps correspondants aux parcours de ces arcs. La valeur de ces temps s'obtiendrait par l'addition de ceux relatifs aux arcs élémentaires qui composent ces abcisses. Il faudrait alors calculer ces temps élémentaires dès l'origine de

l'oscillation, au lieu de commencer quand le pendule a décrit une partie de son oscillation, comme on l'a fait précédemment, ce serait un peu plus long mais pas plus difficile.

Le temps du parcours d'un arc élémentaire diminuant à mesure que la vitesse du pendule augmente, et par conséquent lorsque l'arc considéré est plus rapproché du bas de la courbe d'oscillation, les ordonnées croissent moins rapidement que les abcisses jusqu'à la valeur de l'abcisse égale au 1/2 arc d'oscillation. La courbe correspondante sera donc concave. Pour un arc plus grand, le temps sera plus long; mais comme les temps employés pour parcourir les arcs symétriquement placés par rapport au point A sont égaux, il en résulte qu'à partir de A les ordonnées croîtront plus rapidement que les abcisses, et que la courbe tournera sa convexité vers l'axe des abcisses. La courbe aura, comme on voit, un point d'inflexion correspondant à l'abcisse égale au 1/2 arc d'oscillation, et une forme représentée par la figure 5 ci-jointe (1).

L'usage de cette courbe pour obtenir le temps

(1) L'unité de l'arc développé est le *mètre*, et celle de l'ordonnée la *seconde*.

tout-à-fait arbitraire on choisira, comme l'a fait M. Navez, le temps *zéro* qui correspond à la simultanéité de l'interruption de deux circuits. Pour faire l'expérience on s'arrangera de manière que l'arc indicateur du temps soit au bas du limbe, afin d'être le plus grand possible. On interrompra ensuite simultanément les deux circuits, puis on répétera cette double opération deux ou trois fois, et le temps représenté par l'arc maximum compris entre les traces faites par deux étincelles, sera l'erreur maxima à craindre, ou le degré de précision sur lequel on peut compter avec certitude. Il conviendra de le déterminer chaque fois qu'on entreprendra une série d'expériences, pendant et après, afin de s'assurer qu'il ne varie pas, ou s'il varie, de pouvoir en tenir compte. Nous représenterons par $\frac{1''}{n}$ cette erreur possible dans le jeu de l'appareil.

Le pendule électro-balistique du capitaine Navez permet, d'après l'auteur, de compter sur un degré d'exactitude correspondant à 0", 00036, ce qui a paru suffisant. Les précautions prises pour assurer la régularité du jeu de notre appareil, permettent de penser qu'il donnerait des indications au moins aussi exactes que l'appareil

belge. Néanmoins, on ne peut rien affirmer à ce sujet tant que l'expérience n'aura pas prononcé un jugement irrévocable.

Ainsi le temps θ_x, dont l'appareil pourra donner la valeur avec le degré d'approximation $\frac{1}{n}$, sera : $\theta_x = n \frac{1''}{\alpha}$

Nous allons montrer comment on pourrait employer cet appareil pour résoudre quelques questions de balistique, telle que la détermination de la vitesse d'un projectile, soit en un point quelconque, soit en plusieurs point de sa trajectoire.

VI

APPLICATION A LA BALISTIQUE.

§ 1. *Disposition des cibles*

La détermination d'une vitesse implique la nécessité de connaître exactement le temps employé par le projectile pour parcourir un petit arc de trajectoire sensiblement rectiligne et compris entre deux *cibles-réseaux*, disposées autant que possible normalement à sa direction.

Ces cibles-réseaux représentées pl. II, se composent essentiellement d'un cadre en bois, dont les traverses supérieure et inférieure servent de support et de guide aux directions verticales et parallèles d'un fil métallique continu, bien tendu, et dont la tension peut être réglée par des poids.

Ces cibles peuvent être plantées en terre verticalement ou obliquement; elles sont alors assujetties dans leur position par des étais liés aux montants. Cette disposition convient pour le tir horizontal où sous de petits angles.

Le tir des mortiers, ou en général sous de grands angles, exigera une autre disposition. La cible-réseau placée près de la bouche peut toujours être immédiatement fixée en terre, comme dans le cas précédent, à cause de ses petites dimensions; mais il n'en est pas ainsi de celle placée à quelque distance, 10m à 15m environ, à moins que la forme du sol ne s'y prête, comme dans le cas, par exemple, où le mortier serait placé au pied d'un talus élevé. Il conviendra, quand on le pourra, de se placer dans cette circonstance favorable.

Dans le cas où la cible éloignée ne pourrait être immédiatement plantée en terre, malgré le choix avantageux du terrain disponible, on la soutiendrait au moyen de deux tourillons reposant sur deux montants verticaux convenablement étayés; on lui donnerait l'inclinaison convenable au moyen d'amarres servant aussi à la maintenir dans la position où elle serait assujettie par des moises ou des contrefiches. Cette

disposition étant plus difficile à donner que la précédente et présentant en général moins d'exactitude, il faut autant que possible éviter d'y recourir.

§ 2. *Distance entre les cibles.*

Cette distance n'est pas arbitraire, mais, quand on connaît le degré de précision de l'appareil où l'erreur possible $\frac{1''}{\alpha}$ de temps qu'il peut produire, il est facile de la déterminer. Elle doit être telle que le temps employé par le projectile pour la parcourir soit très-considérable relativement à cette errreur, qu'on peut alors négliger.

Dans le cas des plus grandes vitesses en usage dans l'artillerie, qui sont d'environ 500^m, les expériences et les calculs de M. le général Piobert (1) montrent que le boulet de 24 lancé avec cette vitesse parcourt :

25^m	dans	$0'',048$
51^m	—	$0'',099$
77^m	—	$0'',154$

(1) *Aide Mémoire sur l'Artillerie*, 3e édition, p. 240.

94m	—	0",214
121m	—	0",277
150m	—	0",344

Par conséquent le degré de précision $\frac{1}{m}$ avec lequel on obtiendrait la mesure de la durée de ces trajets serait :

$$\frac{1}{m'} = \frac{1}{0,''048} \times \frac{1'}{\alpha}$$

$$\frac{1}{m''} = \frac{1}{0,''099} \times \frac{1''}{\alpha}$$

$$\frac{1}{m'''} = \frac{1}{0,154} \times \frac{1''}{\alpha}$$

$$\frac{1}{m^{iv}} = \frac{1}{0'',244} \times \frac{1''}{\alpha}$$

$$\frac{1}{m^{v}} = \frac{1}{0'',277} \times \frac{1''}{\alpha}$$

$$\frac{1}{m^{vi}} = \frac{1}{0'',344} \times \frac{1''}{\alpha}$$

Si nous supposons, comme dans l'appareil électro-balistique du capitaine Navez, que le degré de précision soit 0",00036, les expressions

précédentes deviennent à cause de $\frac{1}{\alpha} = 0'',00036$

$$\frac{1}{m'} = \frac{1}{133} \quad \frac{1'}{m''} = \frac{1}{280} \quad \frac{1}{m'''} = \frac{1}{427} \quad \frac{1}{m^{iv}} = \frac{1}{625},$$

$$\frac{1}{m^{v}} = \frac{1}{770} \quad \frac{1}{m^{vi}}, = \frac{1}{985}$$

Ainsi, pour obtenir la mesure du temps nécessaire au projectile pour parcourir l'espace qui sépare deux cibles avec une approximation de :

$$\frac{1}{100} \quad \frac{1}{200} \quad \frac{1}{500} \quad \frac{1}{600} \quad \frac{1}{750} \quad \frac{1}{1010}, \text{ etc.},$$

il faudra espacer les cibles d'environ,

25^m, 50^m, 60^m, 100^m, 120^m, 150^m, etc.

On ferait des calculs analogues pour déterminer les distances de chacune des cibles suivantes à la précédente ou à la première prise comme origine du trajet.

§ 3. *Détermination de la vitesse initiale.*

Nous supposerons toujours, pour plus de sim-

plicité, qu'il s'agit de la recherche des vitesses dans le tir horizontal, car le lecteur pourra ensuite appliquer sans difficulté la même méthode de recherche au cas du tir sous de grands angles.

Pour montrer comment on peut déterminer la vitesse des projectiles en un point quelconque de la trajectoire, nous choisirons le cas le plus difficile, celui où l'on voudrait connaître la *vitesse initiale*. Pl. II.

A cet effet, nous placerons, à un mètre environ de la bouche de la pièce, une première cible-réseau dont le fil fera partie du circuit I. En avant de cette cible et à la distance convenable on en placera une seconde dont le fil sera dans le circuit II.

En arrière et à gauche de la bouche à feu, une barraque en bois contiendra les divers éléments de l'appareil. Ces divers éléments, moins les piles, seront placés sur des tables massives disposées dans l'ordre représenté. Pl. II.

Les piles étant en activité, le pendule maintenu presque horizontal par l'électro-aimant, le fer doux du conjoncteur *s*, étant soutenu par la bobine électro-dynamique, on opérera la disjonction simultanée des circuits I, II. Cette disjonction

produira une étincelle qui déterminera un arc α_0 qu'on notera.

Aussitôt après on referme les circuits I, II, on remet le pendule en contact avec l'électro-aimant suspenseur, et le fer doux dans la bobine électro-dynamique, puis on met le feu à la pièce.

Le boulet, à la sortie de la pièce, traverse la cible C_1, continue son trajet et peu de temps après perce la cible C_2.

Le passsage du projectile à travers la première cible interrompt le circuit I, et à travers la seconde le circuit II.

L'interruption du circuit I, produit la chute du pendule, et celle du circuit II l'étincelle qui détermine l'arc α_1.

Si ces deux circuits avaient été interrompus simultanément, leur interruption aurait produit l'arc α_0 comme précédemment. La différence $\alpha_1 - \alpha_0$ a donc été décrite pendant l'intervalle de temps qui a séparé leur rupture.

On mesure avec soin et avec les moyens précédemment indiqués, les arcs α_0 et α_1 d'où l'on déduit la grandeur et la position de l'arc $\alpha_1 - \alpha_0 = \delta_1$. Ces données suffisent pour calculer la valeur θ_1 du temps employé par le pendule pour parcourir cet arc δ_1, et par conséquent celui qui

a séparé les interruptions des circuits I, II, ou celui qui a été employé par le boulet pour parcourir l'espace D_1 qui sépare la première cible de la seconde.

θ_1 et D_1 étant connus, la formule suivante (1).

$$(a) \qquad t = \frac{x}{V}\left\{\left(1 + \frac{\alpha V}{r}\right)\frac{e^{\frac{x}{2c}} - 1}{\frac{x}{2r}} - \frac{V}{r}\right\}:$$

qui est relative au cas du tir horizontal, et dans laquelle V est fonction de t, devient, en y remplaçant t par sa valeur θ_1 et x par D_1 dans le tir sous de petits angles :

$$(b) \qquad \theta_1 = \frac{D_1}{V}\left\{\left(1 + \frac{V}{r}\right)\frac{e^{\frac{D_1}{2c}} - 1}{\frac{D_1}{2c}} - \frac{V}{r}\right\}$$

Si l'on admet, comme exacte, la loi adoptée par la commission de tir de Metz, pour représenter la résistance de l'air, loi qui a été vérifiée par de nombreuses expériences, on aura les valeurs de c et de $\frac{1}{r_1}$.

L'expression générale de c est $\frac{P}{2ng}$, ou

(1) *Cours de Balistique*, du colonel Didion, 1848, page 72.

$$n = R^2A\left(0,74 + \frac{0.047}{0.05+2R}\right)$$

M. le colonel Didion donne, dans son *Traité de Balistique*, la valeur de n pour tous les projectiles.

On trouve aussi, dans le même ouvrage, la valeur de $\frac{1}{r}$ pour le tir des boulets et celui des bombes.

Il n'y aura donc plus que V d'inconnu dans la formule précédente (b), d'où il sera facile d'en tirer la valeur numérique.

On arrivera plus promptement au résultat en faisant usage des tables calculées par le colonel Didion pour résoudre l'équation précédente par rapport à V.

§ 4. *Détermination des Coëfficients relatifs à la résistance de l'air dans la formule qui donne le temps de parcours d'un espace donné.*

Cette formule est. :

$$(c) \qquad t = \frac{x}{V\cos\varphi}\left\{\left(1 + \frac{\alpha V\cos\varphi}{r}\right)\frac{e^{\frac{\alpha x}{2c}} - 1}{\frac{\alpha x}{2c}} - \frac{\alpha V\cos\varphi}{r}\right\}$$

dans laquelle :

t est le temps du parcours d'un arc dont la projection est x;

α est le rapport d'un arc s à la projection x;

φ l'angle de projection, ou avec la ligne des x;

V la vitesse initiale ou à l'origine de l'arc

P le poids du projectile;

g la gravité $= 9{,}808$;

$c = \frac{P}{2ng}$ et r sont des coëfficients dépendants de la résistance de l'air; car l'expression générale de cette résistance est :

$$\rho = nv^2 \left(1 + \frac{v}{r}\right)$$

Quand le tir est horizontal, ou plus généralement lorsqu'on prend pour abcisse ou ligne des x la tangente de l'arc, on a $\varphi = o$; et, comme pour les grandes vitesses $\frac{s}{x} = \alpha$ diffère très-peu de l'unité, la formule précédente devient :

$$(d) \qquad t = \frac{x}{V}\left\{\left(1+\frac{V}{r}\right)\frac{e^{\frac{x}{2c}}-1}{\frac{x}{2c}}-\frac{V}{r}\right\}$$

équation qui renferme cinq inconnues t, v, x, c, r, d'où il faut tirer c et r.

A cet effet, plaçons en avant de la bouche à feu et sur le trajet du projectile quatre cibles dans les circuits I, II, III, IV (Pl. III), à des distances 0^m, D_1, D^2, D_3, par exemple.

Les temps qui s'écouleront entre l'interruption de la cible C_1 placée à la distance $x = o$, et chacune des cibles suivantes C_2 C_3 C_4 seront données par le pendule, comme on l'a vu précédemment. Ces intervalles de temps seront représentés par τ', τ'', τ'''.

Nous avons ainsi trois valeurs :

$$x = D_1 \quad x = D_2 \quad x = D_3 \quad t = \tau' \quad t = \tau'' \quad t = \tau'''$$

de chacune des inconnues x et t d'où résultent les équations suivantes :

$$(1) \qquad \tau' = \frac{D_1}{V}\left\{\left(1+\frac{V}{r}\right)\frac{e^{\frac{D_1}{2c}}-1}{\frac{D_1}{2c}}-\frac{V}{r}\right\}$$

$$(2) \qquad \tau'' = \frac{D_2}{V}\left\{\left(1+\frac{V}{r}\right)\frac{e^{\frac{D_2}{2c}}-1}{\frac{D_2}{2c}}-\frac{V}{r}\right\}$$

$$(3) \qquad \tau''' = \frac{D_1}{V}\left\{\left(1+\frac{V}{r}\right)\frac{e^{\frac{D_1}{2c}}-1}{\frac{D_1}{2c}}-\frac{V}{r}\right\}$$

dans lesquelles il n'y a plus que trois inconnues V, c, r, dont on peut obtenir la valeur.

Les coëfficients c, r, relatifs à une certaine vitesse initiale, et à un projectile déterminé, peuvent au moyen de la formule (b) servir à calculer les vitesses initiales peu différentes des projectiles de cette espèce.

En faisant varier la vitesse de ce projectile, les formules (1) (2) (3) donneront les valeurs de c et de r relatives à ces vitesses; on pourra alors reconnaître si ces valeurs sont indépendantes des vitesses, et dans le cas contraire la loi de leur variation, loi qui permettrait de déterminer les limites de vitesse entre lesquelles une valeur de c et de r peut être employée.

On fera ensuite varier le projectile et on calculera les valeurs de c et de r relatives aux différentes vitesses de ces nouveaux projectiles.

La comparaison des valeurs de c et r pour chacun de ces projectiles tirés à différentes vitesses, fera reconnaître s'il est possible d'adopter pour c et r des valeurs constantes, quelles que

soient l'espèce et la vitesse du projectile, et dans le cas contraire, les limites de vitesse entre lesquelles elles peuvent être constantes, enfin si elles sont généralement différentes.

Nous ferons cependant observer de nouveau que les valeurs adoptées par la commission des principes du tir, établie à Metz, pour les coëfficients de la résistance de l'air, sont les résultats de nombreuses expériences et que leur exactitude a été vérifiée par la pratique.

Nous citerons pour exemple quelques résultats des expériences faites à Metz en 1844, 1846, pour dresser les tables de tir des obusiers et des canons employés au service des siéges (1).

« La série d'expériences la plus propre à vérifier ces formules résulte du tir de 100 coups de canon de 16 à la charge de 1|3 du poids du boulet, tirés sous la même inclinaison à travers des réseaux de ficelle. On a déterminé l'angle d'inclinaison réelle et la position du projectile en quatre points. Les résultats moyens sont exacts à un centimètre près.

« Au moyen des formules balistiques on a déterminé la vitesse initiale et l'angle de projec-

(1) *Cours de Balistique*, par le colonel Didion, 1848. p. 291.

tion de la trajectoire assujettie à la condition de passer aux hauteurs moyennes observées à 200^m et à 600^m, et ensuite on a calculé les ordonnées de la trajectoire à 400^m et au point de chute.

En les comparant aux hauteurs observées on a obtenu les résultats contenus dans le tableau suivant :

Tableau de la comparaison des trajectoires calculées et des trajectoires observées, moyennes sur 100 *coups d'un boulet de* 16 *à la charge de* 1^{k}333 *et sous l'angle dont la tangente est* 0,02593.

Distances.	200 m.	400 m.	600 m.	666 m.
Ordonnées observées. . .	3.917 *	4.305	—0.003	—2.753
Ordonnées calculées. . .	3.912	4.320	0.003	—2.766
Différence *	—0.005	0.015	0.000	—0.007

* La vitesse et l'inclinaison qui résultent de ces deux hauteurs sont respectivement 193^{m}87, 0,02663.

« Les différences entre les résultats de l'observation et ceux des formules sont tout-à-fait négligeables. Elles sont dans les limites de l'exactitude qu'on peut désirer et répondent presque aux erreurs des décimales négligées, comme le fait voir sur la hauteur à 200^m, une différence qui n'existerait pas sans cela. La plus grande

différence ne dépasse pas $0^m,015$. Elle pourrait être huit fois plus grande sans que le projectile qui suivrait la trajectoire calculée manquât de toucher le but, ne fût-il pas plus étendu que le boulet lui-même. »

Cette concordance remarquable entre la théorie et la pratique suffit pour montrer qu'on peut adopter avec confiance les coëfficients de la résistance de l'air auxquels la commission des principes du tir établie à Metz est arrivée par de nombreux et remarquables travaux.

§ 5. *Détermination de la vitesse en plusieurs points de la trajectoire.*

Pour faire cette expérience on place, en avant de la bouche à feu, une série de cibles-réseaux (pl. III). La première cible est placée près de la bouche de la pièce, en avant de celle-ci et aux distances D_1 D_2 D_3 se trouvent les cibles C_2 C_3 C_4.

La grandeur de chaque cible est à peu près propórtionnelle à la déviation du projectile relative à sa distance de la bouche à feu. Les cibles C_1 C_2 C_3 C_4 sont respectivement mises dans les circuits des mêmes numéros I, II, III, IV.

Les piles étant en activité, les fers doux placés dans les bobines dynamiques et le pendule suspendu par la force attractive de l'électro-aimant, on interrompt simultanément les circuits I, II au moyen de la roue à développante du disjoncteur D; puis les circuits I, III, comme on l'a expliqué (II, § 2).

On obtient ainsi les arcs α_0 α'_0 α''_0 etc. correspondant à cette série d'interruptions simultanées de couples de circuits.

Alors on rétablit les circuits, on replace les fers doux dans les bobines dynamiques, on ramène le pendule au contact de l'électro-aimant suspenseur et on tire le canon.

Le boulet traverse succcessivement les cibles I, II, III, IV, coupe un fil de chacune d'elles et interrompt par conséquent leurs circuits respectifs.

Ces interruptions produisent des arcs que nous avons désignés (II, § 2) par α_1 α'_1 α''_1 α'''_1 etc.

On mesure exactement ces arcs sur le limbe du pendule et on obtient en grandeur et en position les arcs :

$$\alpha_1 - \alpha_0 \qquad \alpha_1' - \alpha_0' \qquad \alpha_1'' - \alpha_0'' \text{ etc.}$$

$$\text{ou} \quad \delta_1 \qquad \delta_1' \qquad \delta_1'' \text{ etc.}$$

qui correspondent aux temps écoulés entre l'interruption de la cible C_1 et chacune des suivantes C_2, C_3, C_4, c'est-à-dire les temps correspondants aux parcours des intervalles D_1, D_2, D_3, etc.

D'après ces données on calcule la valeur de ces temps que nous représenterons, comme on l'a fait (II, § 2), par θ', θ'', θ''', θ'''', etc.

Ces temps sont tous comptés à partir de l'instant où la première cible est coupée par le projectile, par conséquent les différences

$$\theta' - 0 \qquad \theta'' - \theta' \qquad \theta''' - \theta''$$
$$\text{ou} \quad \tau' \qquad \tau'' \qquad \tau'''$$

seront les temps employés par le projectile pour parcourir les distances qui séparent successivement deux cibles à compter de la première, c'est-à-dire $D_1 - 0 = \delta_1$, $D_2 - D_1 = \delta_2$, $D_3 - D_2 = \delta_3$.

Connaissant les intervalles δ_1 δ_2 δ_3 et les temps de leur parcours, τ' τ'' τ''', etc., la formule

$$t = \frac{x}{V}\left\{\left(1 + \frac{V}{r}\right)\frac{e^{\frac{x}{2c}} - 1}{\frac{x}{2c}} - \frac{V}{r}\right\}$$

donnera les vitesses du projectile V_0, V_1, V_2, etc.,

correspondantes à l'origine de chacune de ces distances, c'est-à-dire à l'emplacement des différentes cibles, et par conséquent aux distances o, D_1, D_2, D_3 comptées de la première cible.

On aura donc ainsi la valeur de la vitesse du projectile aux points où il traverse les cibles et par suite en divers points de sa trajectoire.

Telle est la marche générale à suivre pour faire cette expérience.

VII.

PENDULE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE A STYLE DONNANT PLUSIEURS INDICATIONS.

§ I. *Modifications à introduire*

Je m'étais proposé de résoudre le problème de faire marquer plusieurs indications par un pendule en mouvement ou pendant le mouvement au moyen de mon *pendule électro-magnétique à style*. Cet appareil consiste (1) essentielle-

(1) Etudes sur les appareils électro-magnétiques destinés aux expériences de l'artillerie en France, en Angleterre, en Russie, en Belgique, etc.

ment en un pendule, dont la lentille porte un électro-aimant et un levier à style qui est mis en jeu, quand le courant est fermé ou détruit, et fait une trace sur un limbe qu'il vient toucher. L'appareil décrit donne seulement la mesure d'un intervalle de temps, mais il est facile de le modifier de manière à obtenir celle de plusieurs intervalles.

Pl. 1, fig. 6.

A cet effet la bobine de l'électro-aimant moteur du style, serait traversée par deux courants équilibrés, émanant d'une même pile et traversant les mêmes circuits dans le jeu de l'appareil,

afin de ne pas changer les circonstances dans lesquelles on opère. L'un de ces circuits équilibrés comprendrait deux, ou un plus grand nombre de petits leviers métalliques appartenant à des *appareils disjoncteurs* (fig. 6). Au-dessus de l'une des extrémités de chaque levier un électro-aimant soutient un fer doux destiné à tomber quand le courant cesse de passer dans la bobine.

La chûte du fer doux faisant basculer le levier interrompt aussi un des circuits équilibrés, détermine l'aimantation de l'électro-aimant moteur du style porté dans la bobine oscillante, et par suite une trace sur le limbe. Un ressort à boudin ramenant le levier du disjoncteur à sa position première, rétablit presque aussitôt le courant, et produit la désaimantation de l'électro-aimant moteur du style, qui devient alors capable de faire une nouvelle trace.

Ainsi, une pile P_0 produirait les deux courants équilibrés, qui circulent dans la bobine de l'électro-aimant moteur du style; une seconde pile P_1 fournirait un courant destiné à passer dans la bobine de l'électro-aimant support du pendule, puis dans la cible C_1 d'où il reviendrait à la pile.

Des piles P_2, P_3, etc., partiraient des fils abou-

tissant respectivement aux bobines des électro-aimants support des fers doux dans les disjoncteurs, et de là aux cibles C_2, C_3, pour retourner à leurs piles respectives.

§ 2. *Jeu de l'appareil.*

Le jeu est actuellement facile à comprendre, la rupture de la cible C_1, ou du circuit I, par le projectile, met en mouvement le pendule qui commence son oscillation. Bientôt après, la rupture du circuit II détermine la chûte du fer doux soutenu au-dessus du levier de disjoncteur n° 1. Cette chûte interrompt le circuit dont ce levier fait partie, et par conséquent l'équilibre des courants dans la bobine de la lentille oscillante. Cette interruption produit ainsi l'aimantation de l'électro-aimant moteur du style qui fait une trace sur le limbe. Cette trace est très-courte, car l'aimantation ne dure qu'un instant par suite du jeu du ressort, qui ramène le levier disjoncteur à sa position initiale.

La rupture de la cible C_3, ferait tomber le fer doux placé au-dessus du levier disjoncteur

n° 2, dont le jeu déterminerait une nouvelle trace sur le limbe, etc.

Cette disposition est très-simple, cependant comme le fer des électro-aimants ne perd pas instantanément son magnétisme, il pourrait arriver que l'aimantation, qui a lieu postérieurement dans l'électro-aimant porté dans la lentille oscillante pour déterminer une nouvelle trace, se produisit avant que le style ne fut ramené par le ressort à sa position initiale.

C'est principalement cette considération qui m'a déterminé à rechercher une nouvelle solution du problème, et m'a conduit à l'emploi mécanique des courants d'induction, dont j'ai utilisé les propriétés pour agrandir le rayon du limbe sans augmenter le temps de l'oscillation.

Cependant l'appareil, dont il vient d'être question, pourrait être employé avec succès dans le cas, où l'intervalle de temps à mesurer serait plus grand que celui qui est nécessaire à la perte d'aimantation de l'électro-aimant moteur et au relevement du style : Temps que l'on peut mesurer.

Il est évident que le degré de précision de l'appareil serait mesuré par le moyen employé pour l'appareil-pendule à courant d'induction.

On pourrait probablement aussi remplacer

avantageusement le système du style et de l'électro-aimant, par une bobine électro-dynamique à courants équilibrés qui porterait dans son intérieur un fer doux mobile destiné à servir de style. A cet effet, l'extrémité de ce dernier, qui serait voisine, du limbe porterait une plume, un crayon ou un pinceau.

CHAPITRE III.

APPAREIL CHRONO-ÉLECTRIQUE A MOUVEMENT VERTICAL.

I

DESCRIPTION DE L'APPAREIL.

Cet appareil se compose :

1° D'un appareil indicateur à mouvement vertical ;

2° D'une machine d'induction de Ruhmkorff ;

3° D'un conjoncteur momentané ;

4° D'un disjoncteur ;

5° De piles électro-motrices.

§ 1. *Appareil indicateur à mouvement vertical.*

Cet appareil se compose essentiellement, Pl. IV, fig. 1, d'un plateau en bois sur lequel sont fixés deux montants verticaux en fer dont l'objet est de soutenir un électro-aimant. Ces montants communiquent par leurs parties inférieures avec les presses p, p', et sont gradués en échelle de bas en haut. Le zéro de l'échelle est situé un peu plus bas que la partie supérieure de la plaque métallique dont il sera question plus loin.

Les extrémités supérieures des montants sont réunies par une traverse métallique, destinée à empêcher leur écartement et à supporter l'écrou fixe d'une vis verticale engagée à sa partie inférieure dans un autre écrou mobile le long de son axe, mais que des guides empêchent de tourner. Cet écrou supporte un ruban de cuivre, qui passe dans le *cylindre-indicateur* auquel il sert de guide et s'attache, par l'extrémité inférieure, à une machoire placée dans l'intérieur du support. On peut ainsi tendre verticalement ce ruban métallique. Cette tension pourrait, du

reste, être obtenue par un poids suspendu à l'extrémité inférieure du ruban, qui, avant de pénétrer dans le support, traverserait plusieurs rondelles de caoutchouc destinées à amortir le choc du cylindre-indicateur. Ce ruban communique métalliquement avec la presse p_1.

Le cylindre indicateur en fer doux glisse librement le long du ruban, sans tourner, mais en pressant les deux faces de ce dernier par des ressorts très-doux. Il porte en outre, à sa partie inférieure un petit appendice en platine perpendiculaire au plan du ruban directeur. Ce petit appendice peut se raccourcir ou s'allonger un peu au moyen d'un écrou tournant sans avancer. Parallèlement à ce ruban et perpendiculairement à l'appendice horizontal de l'indicateur(1) est placée une plaque métallique verticale communiquant avec la presse p_1.

Cette plaque de cuivre est recouverte du côté de l'indicateur d'une feuille de papier destinée à recevoir la trace des étincelles d'induction. Cette plaque pourrait recevoir un mouvement lent de

(1) Pour se représenter cet appareil, il suffit de remplacer dans la fig. 1, pl. IV, le cylindre qui s'y trouve par une plaque métallique qui lui soit tangente et normale à l'appendice indicateur.

translation parallèleme… servirait on préparerait d'une vis qui traverserait … amenée aussi près qu'on vo… de l'appendice du cylindre-indic… Ruhmkorff.

La position du zéro de l'échelle … qui est un peu au-dessous de la tran… …mployé rieure de la plaque, sert au moyen du ca… …ême mètre à mesurer, une fois pour toutes, la dis… de l'électro-aimant ou de la pointe de l'appen… dice de l'indicateur au-dessus de ce repère. De sorte qu'en ajoutant à cette mesure constante, la distance du zéro à la trace de l'étincelle sur la plaque, on aura celle de cette trace à la position initiale de l'appendice qu'il est indispensable de connaître, comme on verra plus loin.

Ce procédé exige le remplacement de la feuille de papier à chaque expérience, ce qui ne retarderait pas sensiblement les expériences à cause de la rapidité avec laquelle on pourrait fixer sur la plaque métallique une feuille de papier; mais on peut facilement faire disparaître cet inconvénient et obtenir sur une seule feuille de papier les résultats d'une série d'expériences.

L'appareil-indicateur subirait alors les modifications suivantes. La plaque métallique et son support seraient remplacée Pl. IV, fig. 1, par

un cylindre vertical, creux et en cuivre, qui pourrait prendre un mouvement de rotation autour de son axe. Cet axe porterait à l'une des extrémités une roue à rochet, dont les dents seraient telles que, pendant le passage du doigt d'une dent à la suivante, la longueur de l'arc décrit sur la circonférence extérieure du cylindre aurait environ un centimètre. Ce cylindre et les montants pourraient être placés sur un support mobile et indépendant qu'une vis de rappel pourrait approcher ou éloigner de l'indicateur.

Ce cylindre serait recouvert extérieurement d'une feuille de papier, destinée à recevoir les marques de l'étincelle, pendant la chute du fer doux qui porte l'indice de platine. Toutes les traces faites pendant cette chute, ou pendant une expérience, étant situées sur une génératrice du cylindre, le papier pourra servir à autant d'expériences consécutives qu'il y aura de dents dans la roue à rochet, ou de centimètres dans la circonférence extérieure du cylindre ; ainsi par exemple, un cylindre de 0,20 de diamètre pourrait servir à 50 ou 60 expériences sans changer le papier enveloppe.

Un cylindre de rechange donnerait la faculté de continuer indéfiniment les expériences,

car pendant que l'un servirait on préparerait l'autre.

§ 2. *Appareil d'induction de Ruhmkorff.*

L'appareil d'induction de Ruhmkorff employé dans l'appareil à mouvement vertical, est le même que celui qui a été décrit chap. I, § 2.

§ 3. *Appareil-conjoncteur.*

L'appareil conjoncteur simple ou composé dont on ferait usage est le même que celui dont on a donné la description chap. I, § 3.

§ 4. *Aɼpareil-disjoncteur.*

L'appareil disjoncteur simple ou composé dont on ferait usage est le même que celui dont on a donné la description chap. I, § 4.

§ 5. *Piles.*

Les piles seraient les mêmes que celles qui ont été indiquées pour l'appareil à pendule chapitre I, § 5.

nera dans le sens convenable un petit écrou qu'elle traverse. Le mécanisme sera analogue à celui qui est en usage pour les petits porte-crayons de poche.

Sur une table voisine se trouvera un conjoncteur simple ou composé, selon la nature de l'expérience qu'on se proposera d'exécuter. Les dispositions étant les mêmes que pour l'appareil indicateur à pendule, nous ne nous y arrêterons pas et renverrons à la planche II.

Sur une troisième table sera l'appareil disjoncteur simple ou multiple. Cet appareil sera aussi placé comme on l'a vu pl. II.

Une pile en série de plusieurs éléments P, servira à produire le courant, qui doit mettre en jeu l'appareil d'induction quand le circuit sera fermé. Ce circuit part de la pile, aboutit à la presse B, d'où il passe dans la bobine inductrice, en sort par la presse A et de là se rend à la presse *m* du conjoncteur; de la presse *m'* en communication avec le support du levier-conjoncteur, part un fil qui se rend à l'autre pôle de la pile électro-motrice.

Les presses *a*, *b*, où aboutissent les extrémités du fil de la bobine induite communiquent par des fils avec les presses *a'*, *b'*, de l'appareil indi-

cateur, savoir : l'extrémité extérieure en a', et la négative en b'.

D'une deuxième pile P_1 part un fil qui va à la presse p' de l'appareil indicateur, d'où le courant monte à l'électro-aimant E_1, puis descend par le second montant à la presse p'', d'où part un fil qui aboutit à la presse n du disjoncteur. Le courant suit la règle et arrive à la presse m qui est en communication avec l'autre pôle de la pile.

Une troisième pile P_2 produit un courant qui passe d'abord dans un fil allant d'un pôle à la presse p' du conjoncteur, d'où il passe dans la bobine électro-dynamique puis redescend à la presse p, qui est unie par un fil à la presse m' du disjoncteur, suit la règle et arrive à la presse n' d'où part un fil qui le conduit à l'autre pôle de la pile et complète le circuit.

On voit : que, dans cet appareil, les divers éléments, analogues à ceux de l'appareil indicateur à pendule, sont semblablement placés, et que les circuits magnétiques suivent aussi des routes semblables, étant destinés, comme on le verra plus loin, à remplir des rôles analogues.

Nous avons jusqu'ici supposé que dans l'appareil on faisait seulement usage d'un disjoncteur et conjoncteur simples ; si l'on employait

des conjoncteurs et disjoncteurs composés, comme dans l'appareil à pendule, la même analogie se présenterait entre la disposition des éléments qui le composent et celle de ceux qui entreraient dans l'appareil à mouvement vertical.

Nous ne nous arrêterons donc pas davantage sur ce sujet, et nous renverrons à la planche III, dans laquelle il suffit de remplacer le pendule par l'appareil indicateur à mouvement vertical.

§ 2, *Jeu de l'appareil.*

Pl. IV.

Il est maintenant facile de se rendre compte du jeu de l'appareil.

Supposons les piles en activité, le cylindre indicateur soutenu par l'électro-aimant E_1; le petit cylindre du conjoncteur soutenu aussi par l'électro-aimant, ou la bobine électro-dynamique portée par une tige verticale; enfin les règles métalliques du disjoncteur en contact avec les disques voisins de leurs extrémités.

On commencera par faire tourner la roue à développante du disjoncteur, pour faire cesser brusquement et simultanément le contact des deux règles avec leurs disques respectifs, afin

d'interrompre spontanément les circuits I, II, qui passent, l'un dans la bobine de l'électro-aimant de l'appareil indicateur, et l'autre dans celle du disjoncteur.

La rupture du premier circuit détermine la la chûte du cylindre indicateur soutenu par l'électro-aimant quand il était actif, celle du second fait tomber le petit cylindre maintenu par l'électro-aimant de la bobine électro-dynamique de l'appareil disjoncteur. Ce dernier cylindre en tombant choque le levier conjoncteur qui, par son jeu de bascule, ferme alors momentanément le circuit dont fait partie l'hélice inductrice de l'appareil Ruhmkorff. Cette fermeture momentanée détermine un courant induit qui produit, entre la pointe de platine du cylindre mobile et le cylindre enveloppé de papier, une étincelle qui perce ce dernier.

On mesure avec le cathétomètre la distance de ce trou, soit au zéro de l'échelle gravée sur un des montants de l'électro-aimant E_1, soit à la pointe de platine du cylindre indicateur soutenu par cet électro-aimant, puis on note cette longueur λ. La hauteur de cette pointe déterminée une fois pour toutes sur le montant du cathétomètre servirait de repère.

On ramène alors les règles du disjoncteur en contact avec leurs disques ; on suspend de nouveau les cylindres de fer doux à leurs électro-aimants relatifs, puis on interrompt successivement les circuits I, II, en mettant un intervalle quelconque θ, et l'étincelle perce alors le papier plus bas, à une distance λ' du repère.

Dans ce cas, toutes les circonstances étant les mêmes que précédemment, excepté le temps qui sépare l'interruption des deux circuits, les temps nécessaires tant aux cylindres pour quitter les électro-aimants, qu'à l'étincelle d'induction pour se produire quand le circuit inducteur est fermé, seront les mêmes qu'auparavant. Par conséquent l'accroissement d'espace $\lambda' - \lambda$, parcouru par le cylindre mobile avant que l'étincelle jaillisse, sera dû uniquement à l'intervalle de temps qui a séparé la rupture des circuits; cet espace $\lambda' - \lambda$ connu de grandeur et de position servira donc à mesurer ce temps.

Si l'on veut que l'appareil serve à mesurer les intervalles de temps, qui s'écouleraient entre les ruptures successives de plusieurs circuits, on suivrait une marche analogue à celle qui a été suivie pour l'appareil indicateur à pendule.

Ainsi on tournerait d'abord la roue à dévelop-

pante du cercle de tous les disjoncteurs pour rompre tous les circuits. On fermerait ensuite les circuits I, II, on suspendrait les cylindres de fer doux des électro-aimants de l'appareil indicateur et du conjoncteur, puis on interromprait simultanément les deux circuits I, II en tournant la roue à développante. Cette rupture déterminerait une étincelle dont on mesurerait la distance de la trace au repère ou à la pointe de platine du cylindre indicateur suspendu à l'électro-aimant.

On fermerait ensuite les circuits I, III qu'on romprait simultanément, ce qui produirait une trace à la distance λ_2 du repère. On opérerait de même sur les circuits I, IV, etc., qui donneraient des traces situées aux distances λ_3, λ_4, etc.

Ces opérations préliminaires exécutées, on refermerait tous les circuits, on suspendrait tous les cylindres de fer doux à leurs électro-aimants respectifs, puis on interromprait successivement les circuits I, II, III, IV.

Le temps écoulé entre l'interruption des circuits I, II n'étant plus *zéro*, comme dans l'opération précédente, mais t_x, le cylindre indicateur tombera pendant un temps plus long et fera une trace au-dessous de celle qui est à une distance λ_1 du repère, soit λ'_1 cette seconde distance.

Le temps écoulé entre l'interruption des circuits I, II n'étant plus *zéro* mais t''_m, l'étincelle se produira à une distance λ'_2 du repère.

Les circuits I, IV interrompus dans un intervalle de temps t'''_m donneront de même une trace située à une distance du repère égale à λ'_3, etc.

On mesurera exactement les distances verticales $\lambda_1\ \lambda'_1$, $\lambda_2\ \lambda'_2$, $\lambda_3\ \lambda'_3$ et les différences $\lambda'_1 - \lambda_1$, $\lambda'_2 - \lambda_2$, $\lambda'_3 - \lambda_3$, etc., exactement connues en grandeur et de position relativement à l'origine du mouvement du cylindre indicateur, suffiront pour calculer les temps relatifs à leur parcours, savoir :

$$t''_m - t_m \qquad t'''_m - t''_m \qquad t^{iv}_m - t''' \quad \text{etc.}$$

$$\text{ou} \qquad \theta'_m \qquad \theta''_m \qquad \theta'''_m \qquad \text{etc.}$$

qui sont ceux écoulés entre la rupture du fil I et chacun des suivants II, III, IV, etc.

Par conséquent les différences

$$\theta'_m - o, \qquad \theta''_m - \theta'_m \qquad \theta'''_m - \theta'' \quad \text{etc.}$$

que nous représenterons par τ'_1, τ''_2, τ'''_3. exprimeront les valeurs des intervalles de temps écoulés entre les interruptions successives des fils I, II, III, IV, V, etc.

Il suffit donc de savoir calculer le temps du parcours d'un espace vertical situé d'une manière quelconque, relativement à l'origine de la chute du mobile. Nous allons montrer comment on y parvient.

III

DÉTERMINATION DU TEMPS DE PARCOURS D'UN ESPACE VERTICAL QUELCONQUE PAR UN MOBILE.

1° Détermination par le calcul.

§ 1. *Cas où le mobile est sollicité par la pesanteur.*

Supposons d'abord que l'espace vertical, dont il s'agit de trouver le temps de parcours, soit décrit par un corps pesant tombant librement en vertu de la pesanteur, soit δ cet espace connu, λ λ' les distances de ses extrémités à l'origine du mouvement, on aura, en appelant t t' les temps inconnus employés par le mobile pour parcourir ces distances et θ leur différence ou celui du parcours de δ :

(1) $\lambda = \frac{1}{2} gt^2 \qquad \lambda' = \frac{1}{2} gt'^2 \qquad t' - t = \theta$

(2 d'où $\theta = \sqrt{2g\lambda'} - \sqrt{2g\lambda}$

§ 2. *Cas où la pesanteur est modifiée par une force constante.*

Nous avons supposé que le mobile indicateur tombait librement en vertu de la pesanteur. Dans notre appareil il n'en est pas de même, car le cylindre indicateur est assujetti à frotter contre la lame directrice qui le traverse afin de recevoir le courant électrique qu'il doit transmettre au gros cylindre par le moyen de l'étincelle. La pesanteur est donc modifiée par le frottement, mais comme cette force perturbatrice est constante, la nouvelle force motrice sera une fraction de la précédente et par conséquent constante, la loi du mouvement restera donc la même. Les mêmes équations serviront pour la représenter; et, pour caractériser le mouvement particulier du mobile dans ce cas, il suffira de remplacer l'accélération g par sa valeur nouvelle g' qu'il s'agit de déterminer.

A cet effet, j'interromps simultanément les deux circuits I, II, ce qui détermine sur le cylindre une trace dont on mesure la distance λ au repère.

J'élève ensuite l'électro-aimant du disjoncteur d'une petite quantité h, mais parfaitement mesurée avec le cathétomètre. A cet accroissement de hauteur Δh correspondra un temps de chute θ, facile à calculer, puisque le corps tombe librement, et que l'espace Δh est compté du point de chute.

Si on interrompt alors de nouveau les circuits I, II, la fermeture du circuit inducteur éprouvera un retard de Δt, et par conséquent le mobile indicateur retardera d'autant l'instant où il fera sur le cylindre une trace qui sera à la distance λ' du repère. Cette trace sera donc au-dessous de la précédente d'une certaine quantité $\lambda' - \lambda$ qu'on peut mesurer. Nous aurons donc les équations suivantes :

$$(3) \quad \lambda = \frac{1}{2} g t^2 \qquad \lambda' = \frac{1}{2} g t'^2 \qquad \lambda' - \lambda = \delta \qquad t' - t = \theta,$$

dans lesquelles λ, λ', δ, θ. sont connus, et où t, t', g sont inconnus.

On en tire :

$$\sqrt{\frac{\lambda}{\lambda'}} = \frac{t}{t'}$$

puis, en remplaçant t' par sa valeur en fonctions de t on aura :

$$\sqrt{\frac{\lambda}{\lambda'}} = \frac{t}{t+\theta_0}$$

(4) d'où $$t = \theta_0 \frac{\sqrt{\frac{\lambda}{\lambda'}}}{1-\sqrt{\frac{\lambda}{\lambda'}}}$$

et par suite, $g' = \frac{2\lambda}{t^2}$ devient

5) $$g' = \frac{2\lambda}{\theta_0^2\left\{\frac{\sqrt{\frac{\lambda'}{\lambda}}}{1-\sqrt{\frac{\lambda}{\lambda'}}}\right\}}$$

Equation qui donne g' ou fonction des quantités connues λ, λ', θ_0.

L'accélération g' étant connue, l'équation du mouvement du cylindre-indicateur devient, en désignant par x la distance au point de départ et t le temps correspondant :

(6) $$x = \frac{1}{2} g' t^2$$

Appliquant cette équation à la recherche du temps θ nécessaire pour parcourir un espace Δ, compris entre les distance à l'origine $x=\lambda$, $x-\lambda'$, on aura :

(7) $$\lambda = \frac{1}{2} g' t^2 \quad \lambda' = \frac{1}{2} g' t'^2 \quad t' = t + \theta$$

d'où l'on tire,

(8) $$\theta = \sqrt{\frac{2\lambda'}{g'}} - \sqrt{\frac{2\lambda}{g'}}$$

Expression du temps cherché en fonction des quantités connues λ, λ' g'.

§ 3. *Hauteur de chute nécessaire pour que le mobile parcoure un espace Δ dans un temps θ donné.*

Nous venons de voir comment on pouvait calculer le temps de parcours d'un espace quelconque décrit par un mobile tombant verticalement, mais au lieu de déduire ce temps θ d'un espace quelconque Δ, on peut se pro-

poser de déterminer la hauteur, d'où l'indicateur doit tomber pour parcourir cet espace donné, à priori, et moindre évidemment que la hauteur du cylindre couvert du papier.

A cet effet, on se donnera sur le cylindre la position verticale des deux traces comprenant entre elles Δ, et on déterminera à quelle hauteur x la pointe de cylindre-indicateur devra se trouver au-dessus de la trace supérieure. En désignant par t le temps employé pour parcourir x on aura les équations suivantes :

(9) $$x = \frac{1}{2} g' t^2$$

$$x + \Delta = \frac{1}{2} g' (t + \theta)^2$$

d'où en éliminant x on tire :

(10) $$t = \frac{2\Delta - g'\theta^2}{2g'\theta}$$

et, par suite, la première des équations (9) donne :

(11) $$x = \frac{1}{2} g \left[\frac{2\Delta - g'\theta^2}{2g'\theta}\right]$$

distance verticale de la pointe du cylindre indi-

cateur, suspendu par l'électro-aimant, à la trace supérieure faite sur le cylindre par l'étincelle d'induction.

Il est maintenant facile de déterminer un appareil capable de représenter un intervalle de temps donné Δ par une longueur θ arbitrairement choisie.

Il suffit en effet que cette longueur Δ soit moindre que celle du cylindre recouvert en papier, et que les montants de l'électro-aimant, en regard du cylindre indicateur, permettent d'élever assez ce dernier pour que sa pointe parcoure pendant le temps donné θ l'espace Δ arbitraire pris sur une génératrice du cylindre recouvert en papier.

La formule (11) donne la quantité dont il faudrait élever la pointe de l'indicateur au-dessus de la position assignée à la trace supérieure de l'étincelle.

§ 4. *Espace que parcourt, pendant un temps donné, un mobile tombé d'une hauteur donnée.*

On peut se proposer de chercher l'espace que l'indicateur parcourrait sur une génératrice du

cylindre couvert de papier, et pendant un temps connu θ, s'il tombait d'une hauteur donnée $x = \lambda_1$ au-dessus de l'emplacement de la trace supérieure de l'étincelle.

Les équations du mouvement

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} g' t^2 \qquad \lambda_1 + \Delta_x = \frac{1}{2} g' (t + \theta)^2$$

donnent en remplaçant, dans la 2e, t par $\sqrt{\frac{\lambda_1}{g'}}$

$$(12) \qquad \Delta_x = \theta \left[\sqrt{2 g \lambda_1} + \frac{1}{2} g \theta^2 \right]$$

Equation dont toutes les quantités du 2e membre sont connues, et qui fait connaître la valeur cherchée de $\Delta_x = \Delta_1$.

Si on prend une autre valeur $x = \lambda_2$ l'équation (12) en donnera une nouvelle $\Delta_x, = \Delta_2$ en y remplaçant, λ_1 par λ_2. De nouvelles valeurs λ_3, λ_4, etc., en entraîneraient aussi d'autres de Δ_x, savoir : Δ_3, Δ_4, Δ_5, etc., pour représenter le temps θ.

Les relations entre les diverses valeurs de Δ_x et leurs correspondantes λ_1, λ_2, λ_3, etc., peuvent être représentées par un lieu géométrique facile

à construire par points. Il suffit pour cela de porter sur l'axe des abcisses à partir de l'origine des valeurs $x = \lambda_1$, $x = \lambda_2$, $x = \lambda_3$, etc., et d'élever à leurs extrémités les ordonnées correspondantes $y = \Delta_1$ $y = \Delta_2$ $y = \Delta_3$, etc. Le lieu géométrique de ces points est une parabole.

Si le temps θ, qu'on se propose de mesurer, est très-petit $\frac{1''}{100}$ par exemple, le 2e terme du second membre de l'équation (12) devient 0,000004 quantité négligeable; cette équation se réduit alors en remplaçant x et λ par leur valeur générale y, x, à l'expression suivante :

$$(13) \qquad y^2 = 2g' \theta^2 x$$

Equation de la parabole rapportée à ses axes, et qu'il est facile de construire, car on connaît son paramétre $4g' \theta^2$.

Si l'on donne à θ de nouvelles valeurs

$$\theta = \frac{1}{200} \qquad \theta = \frac{1}{200} \qquad \theta = \frac{1}{100}$$

dans l'équation (13) le paramètre changera, et on obtiendra autant de nouvelles paraboles tangentes entre elles par le sommet. Pl. IV, fig. 2.

2° Détermination du temps par l'emploi d'une construction graphique

L'appareil donne, comme on vient de le voir, le moyen de calculer l'une des quantités θ, λ, Δ, quand on connaît les deux autres.

L'emploi de la construction graphique du lieu géométrique des équations 12 ou 13, permet de résoudre très-rapidement ces diverses questions, quand le temps à mesurer ne dépasse pas celui auquel correspond la courbe la plus élevée.

1° Si l'on veut par exemple déterminer θ, connaissant Δ et λ on prendra, pl. IV, fig. 2, sur l'axe des abcisses une longueur $x = \lambda$, et on élévera l'ordonnée $y = \Delta$; si cette ordonnée aboutit à l'une des courbes, le temps auquel cette courbe correspond sera celui qu'on cherche. Si l'extrémité supérieure de l'ordonnée tombe entre deux courbes de temps, une simple interpolation donnera le temps cherché.

2° Si θ et λ sont donnés pour avoir Δ, on prendra sur l'axe des abcisses $x = \lambda$, on élèvera une ordonnée jusqu'à la rencontre de la courbe des

temps θ et la hauteur de l'ordonnée du point de rencontre serait précisément Δ.

Si la courbe des temps n'existait pas, on prolongerait l'ordonnée jusqu'à la courbe correspondante au temps supérieur à θ, et par interpolation on déterminerait sur cette ordonnée un point de la courbe relative à . L'ordonnée de ce point serait la valeur cherchée Δ.

3° Enfin connaissant θ et Δ, pour obtenir λ on prend sur l'axe des ordonnées $y = \Delta = oB$. par le point ainsi déterminé on mène une parallèle jusqu'à la courbe du temps θ en b, on abaisse l'ordonnée bK″ et la distance oK″ $= \lambda$ est la valeur cherchée.

Si la courbe du temps donné θ n'existait pas, on prolongerait l'horizontale menée par B, jusqu'à ce qu'elle coupe en b b' deux courbes consécutives des temps qui comprennent θ entre elles. Une simple interpolation donnera sur l'horizontale B b b' un point n appartenant à la courbe θ, et l'abcisse Ko de ce point sera la valeur cherchée de Δ.

L'emploi de ces courbes peut être très-rapide. En traçant les abcisses et les ordonnées de millimètre en millimètre. Elles donneront de résultats très-exacts en les traçant à une échelle

suffisante : par exemple les ordonnées à l'échelle réelle et les abcisses qui donnent λ à celle de 1/20, comme dans la pl. IV, fig. 2.

IV

PRÉCISION DU JEU DE L'APPAREIL

Pour reconnaître la précision du jeu de l'appareil ou l'erreur constante ou variable, qu'on a à craindre dans son application à la mesure du temps, on le fera jouer plusieurs fois de suite pour mesurer le temps connu d'avance, qui séparerait les interruptions des deux mêmes circuits. Ce temps étant arbitraire on choisira le temps zéro.

A cet effet on élèvera assez l'indicateur pour qu'il puisse donner à Δ une grandeur appréciable pour le temps θ le plus court qu'il puisse servir à mesurer, 1/4 de millimètre par exemple. Un appareil permettant une chute $\lambda = 1{,}22$ représenterait par cette grandeur un temps $= \frac{1''}{20000}$ environ.

Alors, après avoir mis les cylindres en contact avec les électro-aimants-disjoncteurs, on interrompra les circuits I, II, au moyen du disjoncteur, pl. IV, fig. 1, et on examinera le point du cylindre où l'etincelle vient faire sa trace. On

refermera les circuits, on suspendra de nouveau les cylindres de fer doux à leurs électro-aimants respectifs, on interrompra encore ces circuits et on remarquera la nouvelle trace de l'étincelle. Si la distance des traces des étincelles est nulle, le jeu de l'appareil n'a aucune influence sur la recherche du temps. Si elle n'est pas nulle la grandeur Δ sert à faire connaître l'erreur de temps que l'on peut commettre en plus ou en moins. Pour mieux déterminer cette erreur, il faudra répéter plusieurs fois de suite l'expérience précédente, et prendre la plus grande variation pour limite des erreurs de temps, si elles sont de même sens, et la variation moyenne si l'erreur est tantôt en plus, tantôt en moins.

Nous représenterons d'une manière générale cette erreur de temps due à l'instrument par $\frac{1''}{\alpha}$.

Par conséquent si l'on veut connaître quel est le temps θ_x que l'appareil peut donner avec une approximation de $\frac{1}{m}$, il faut que

$$\frac{1''}{\alpha} = \frac{1}{m}\,\theta_x \qquad \text{d'où} \qquad \theta_x = m\,\frac{1''}{\alpha}$$

Nous allons maintenant donner quelques exemples de l'emploi de l'appareil chrono-électrique à mouvement vertical.

V.

APPLICATION A LA BALISTIQUE.

§ 1. *Détermination de la vitesse initiale.*

Cet appareil pourrait être employé à la mesure de la vitesse d'un projectile lancé sous un angle quelconque, à celle d'une fusée de guerre, des éclats et des balles d'un obus, etc. Je me bornerai à donner comme exemple la manière de l'employer à la recherche de la vitesse initiale dans le tir horizontal.

On place le canon, les cibles-réseaux pl. IV, fig. 1re, comme on l'a vu dans le chap. II, en mettant entre elles des distances telles que le temps employé par le projectile pour aller de

l'une à l'autre, et que l'on peut connaître approximativement par le calcul ou l'expérience, réduise l'erreur possible ou le degré de précision de l'appareil à $\frac{1''}{500}$ ou $\frac{1''}{1000}$; de sorte que la grande vitesse 500^{m} serait obtenue à 1^{m},0 ou 0^{m}, 50 près, ce qui est plus que suffisant.

Connaissant donc le degré de précision $\frac{1}{\alpha}$ de l'appareil, le temps qu'on pourra mesurer à $\frac{1}{500}$ près sera $\theta = 500\ \frac{1}{\alpha}$, et à $\frac{1}{1000}$ sera $\theta' = 1000\ \frac{1}{\alpha}$

Connaissant ainsi $\theta\ \theta'$, les tables de tir donneront pour un projectile connu, les espaces D D', correspondant à ces temps, qui doivent séparer les cibles.

Si, comme dans l'appareil belge, l'on suppose $\frac{1}{\alpha} = 0'', 00036$ on aura : $\theta' = 0', 90$ $\theta'' = 0'', 180$ $\theta''' = 0''', 360$ pour les approximations de $\frac{1}{250}$ $\frac{1}{500}$ $\frac{1}{1000}$, et l'on trouverait pour les distances des cibles correspondantes :

$$D = 50^{m}, D' = 80^{m}; D'' = 160^{m}.$$

le boulet étant de 24 et tiré avec la vitesse initiale de 500^{m}. L'appareil serait placé dans une barraque et sur le côté de la ligne de tir de manière à être à l'abri des vibrations du sol et de l'air produites par la détonnation. Les divers

éléments de l'appareil auraient les positions relatives représentées pl. IV fig. 1 et seraient posés sur des tables massives.

Les piles P. P. P. de l'appareil d'induction et des circuits I, II, dont font partie respectivement les cibles, étant en activité, et les cylindres de fer doux suspendus à leurs électro-aimants respectifs, on interrompt simultanément les circuits I, II au moyen du disjoncteur, comme on l'a vu précédemment, pour produire la première trace; on referme les circuits, on suspend de nouveau le fer doux et on tire le canon sans retard.

Le boulet en sortant de la bouche à feu perce d'abord la cible I, interrompt le circuit dont elle fait partie, ce qui détermine la chute du cylindre indicateur, puis la cible II dont il rompt le circuit, ce qui produit le jeu du conjoncteur et celui de l'appareil d'induction de Ruhmkorff d'où résulte l'étincelle indicatrice, qui perce le papier au-dessous de la première trace.

On mesure aussi exactement que possible avec le cathétomètre la distance verticale λ des deux traces, puis celle de la trace supérieure au zéro de l'échelle, marquée sur le montant de l'électro-aimant, qu'on ajoute à la hauteur de la pointe indicatrice mesurée d'avance; avec ces données

on obtient le temps cherché soit au moyen du calcul avec la formule (8) III, § 2, soit au moyen des courbes, pl. IV, fig. 2.

Connaissant ainsi le temps nécessaire au projectile pour parcourir la distance $x = D$ connue des cibles la formule,

$$\theta = \frac{D}{V}\left\{\left(1 + \frac{V}{r}\right)\frac{e^{\frac{D}{2c}} - 1}{\frac{D}{2c}} - \frac{V}{r}\right\}$$

donnera la valeur cherchée de V.

§ 2. *Détermination des vitesses en plusieurs points de la trajectoire.*

Si l'on voulait employer l'appareil à mesurer plusieurs vitesses successives, on prendrait des dispositions analogues à celles qui ont été prises pour résoudre cette question avec l'appareil à pendule chap. II, § 3, et on opérerait d'une manière analogue. Les résultats Δ_1 Δ_2 Δ_3, etc. donnés par l'appareil serviraient à calculer les temps $\theta' - \theta = \tau_1$ $\theta_2 - \theta_1 = \tau_2$ $\theta_3 - \theta_2 = \tau_3$, etc., relatifs

aux distances des cibles D_1, D_2—D_1 D_3—D_2, etc., et par suite pour déterminer les vitesses V_1 V_2 V_3, etc. qui leur correspondent.

§ 3. *Observations sur les appareils indicateurs à mouvement oscillant et vertical.*

Comme la vitesse du mobile indicateur s'accélère dans l'appareil à mouvement vertical, pendant que celle du projectile interrupteur se ralentit, il paraît moins propre à mesurer une série de vitesses appartenant à la trajectoire d'un projectile de l'artillerie que l'appareil à pendule dont le mouvement retardé dans la 1/2 oscillation ascendante, est plus analogue à celui dont on veut connaître la loi.

Nous ferons cependant exception ; pour les fusées de guerre dont le mouvement accéléré, pendant la combustion de la composition motrice, est analogue à celui de l'indicateur à mouvement vertical ; pour les bombes pendant leur chûte, etc. De sorte que selon les circonstances il peut être plus avantageux de choisir entre ces appareils.

CHAPITE IV.

I

MODIFICATIONS DES APPAREILS POUR OBTENIR LA TRACE DE L'ESPACE PARCOURU PAR L'INDICATEUR.

§ 1er. *Modification des appareils.*

il serait très-facile de modifier les appareils à indicateur oscillant et à mouvement vertical, de manière qu'ils tracent le chemin parcouru pendant le temps dont on cherche la mesure.

Il suffirait pour cela :

1° De supprimer l'appareil conjoncteur momentané dont on a fait usage jusqu'ici et de le remplacer par l'*appareil-disjoncteur* décrit et représenté, chapitre II.

2° De faire passer chacun des circuits, I, II par la bobine de l'électro-aimant d'un de ces disjoncteurs.

Chacun de ces électro-aimants est destiné à supporter un petit cylindre en fer doux dont la chute sur le levier inférieur, quand le courant de la bobine est interrompu, interrompt le circuit dont ce levier fait partie.

3° De faire passer dans la bobine inductrice deux courants égaux et contraires, dont l'action serait ainsi neutralisée, au moyen de deux circuits d'égale résistance, qui partiraient des pôles d'une même pile et parcourraient, chacun, le levier d'un appareil-disjoncteur semblable à celui dont il vient d'être question.

L'équilibre des courants serait facile à établir avec deux Rhéostats, mais plusieurs expériences que j'ai faites dans le cabinet de physique de l'École polytechnique, m'ont prouvé que cette précaution était superflue; car des fils à peu près égaux, dans lesquels passaient des courants contraires et provenant d'une même pile, ont

toujours suffi pour empêcher l'action inductrice de provoquer une étincelle d'induction.

§ 2. *Jeu des appareils.*

Le jeu de l'appareil est facile à concevoir. La rupture du circuit I détermine la chute de l'indicateur et celle du fer doux soutenu par l'électro-aimant de l'appareil disjoncteur. Cette chute fait soulever le petit levier, ce qui interrompt un des circuits équilibrés de la bobine inductrice, et met en jeu l'appareil d'induction (1). De là résulte une suite d'étincelles qui se succèdent rapidement et tracent le trajet de l'indicateur par une série de points. Quand le circuit II est interrompu, le cylindre en fer doux du second appareil disjoncteur tombe à son tour sur le levier placé au-dessous; il interrompt ainsi le second circuit équilibré de l'appareil d'induction qui cesse aussitôt de produire des étincelles.

La précision du jeu de l'appareil suppose, que le temps de chute des cylindres des petits appa-

(1) Le marteau de l'appareil doit avoir la faculté d'osciller très-rapidement.

reils-disjoncteurs est le même, sinon connu. Il est facile à déterminer, car la distance de l'origine du mouvement de l'indicateur à la première trace des étincelles, servant à mesurer le temps de chute du fer doux du premier appareil, si l'on change les disjoncteurs de circuit, on aura de même la durée de la chute du fer doux du deuxième disjoncteur.

La précision de l'appareil suppose aussi, que le temps nécessaire pour mettre en jeu ou arrêter l'appareil d'induction est le même quand on ferme ou interrompt le circuit de la pile. Ces temps ne sont probablement pas égaux, mais leur différence très-petite pourra être généralement négligée dans beaucoup d'expériences.

Nous n'avons supposé que deux circuits, mais il serait facile d'employer plusieurs couples de circuits équilibrés; ils passeraient tous dans la bobine inductrice, mais chacun passerait par le levier d'un appareil disjoncteur dont la bobine serait dans le circuit d'une cible.

§ 3. *Simplification de l'appareil pour tracer l'espace parcouru dès l'origine du mouvement.*

Si l'on voulait employer cet appareil seulement pour tracer le chemin décrit par le mobile indicateur partant du repos, il se réduirait à deux éléments : l'appareil indicateur et l'appareil d'induction. Dans ce cas, les deux cibles seraient mises chacune dans un des circuits équilibrés I, II de ce dernier appareil.

Le jeu est facile à concevoir, car l'interruption du circuit I met en mouvement le mobile indicateur et l'appareil d'induction, dont la succession des étincelles trace le trajet parcouru depuis l'origine du mouvement, simultanée avec la rupture du premier circuit, jusqu'à l'interruption du du circuit II.

II

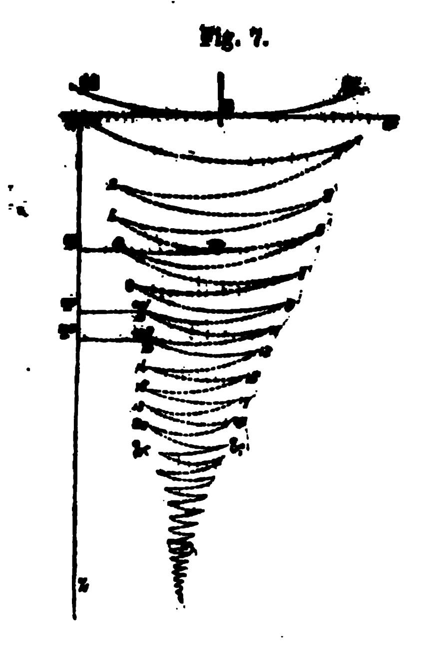
APPLICATION DE CES APPAREILS.

§ 1. *Application du pendule modifié.*

Nous allons indiquer quelques applications de ces appareils traceurs.

Si l'on disposait la plaque métallique recouverte de papier, dans l'appareil indicateur à pendule, de manière que ce papier, au lieu d'être immobile, glissât sur elle de haut en bas d'une manière continue et avec une vitesse connue, la rupture du circuit I déterminerait par points (fig. 7) la trace d'une série d'oscillation qui s'ar-

Fig. 7.



rêterait soit avec l'interruption du circuit II, soit avec le mouvement du pendule.

La trace de cette série d'oscillations décroissantes, dont la figure ci-jointe donne une idée

permettrait de résoudre plusieurs problèmes.

1° *La durée d'un nombre quelconque d'oscillations depuis l'origine du mouvement.* Il suffit d'abaisser de la courbe d'oscillation à laquelle on s'arrête (10 par exemple) une horizontale m' T', sur la verticale oz, qui représente les temps et oT' sera le temps cherché (fig. 7).

La durée d'une oscillation quelconque s'obtiendrait par une procédé analogue. On abaisserait des extrémités de l'oscillation deux horizontales m' T', m''T'' et oT'' — oT' représenterait le temps cherché.

2° *Le nombre des oscillations faites dans un temps donné;* on l'obtiendrait en prenant sur la ligne oz, qui représente la ligne des temps, une longueur oT proportionnelle au temps donné; puis par l'extrémité on mènerait une horizontale Tm jusqu'à la rencontre de la courbe ; le nombre d'oscillations entières et partielles compris entre cette horizontale et celle de départ ox serait celui qu'on cherche.

On aurait de même le nombre d'oscillations entières ou fractionnaires décrites à partir du temps T, qui est compté de l'origine du mouvement du pendule, et pendant une durée t, en portant sur la ligne oz deux grandeurs oT,

$oT' = (T + t)$ et menant les horizontales Tm, $T'm'$; le nombre entier ou fractionnaire des courbes compris entre ces deux lignes donnera la solution de la question.

3° *La loi de décroissance des oscillations*. A cet effet on tracerait deux axes rectangulaires (fig. 8) sur l'un desquels, l'axe des z par exem-

Fig. 8.

ple, on porterait à la suite les uns des autres la durée des oscillations. Par les points de division 1, 2, 3, 4, on mènerait des parallèles à l'axe des x, on prendrait sur ces parallèles des longueurs proportionnelles aux longueurs des

courbes d'oscillations (1) tracés dans la figure 7, et la réunion des extrémités de ces lignes donnerait une courbe tournant d'abord sa convexité vers l'axe de z, puis s'en rapprochant très-lentement, puisque les petites oscillations sont sensiblement égales et de même durée. Cette courbe résoudrait la question proposée.

4° *Déterminer le nombre des étincelles produites pendant l'unité de temps*. Il suffit de déterminer le nombre d'oscillations faites pendant un temps quelconque T, comme on vient de le voir, puis de compter le nombre total N des traces d'étincelles faites pendant ces oscillations, ce que la figure 7 rend facile. Le rapport $\frac{N}{T}$ sera le nombre d'étincelles faites dans l'unité de temps, et $\frac{T}{N}$ l'intervalle de temps écoulé entre deux étincelles, s'il est constant, dans le cas contraire ce sera l'intervalle moyen.

Ce moyen de compter le nombre d'étincelles produites dans l'unité de temps, peut être employé pour déterminer celui des vibrations d'une lame métallique vibrante, par exemple de l'interrupteur de MM. Froment et de la Rive.

(1) Ces longueurs sont proportionnelle aux cordes qui les soutendent dans les arcs M B N (fig. 7), décrits par le pendule. On obtiendrait les cordes en projetant sur cet arc M B N les extrémités des courbes d'oscillation.

§ 2. *Application de l'appareil à mouvement vertical, modifié.*

L'appareil à indicateur mobile le long d'un cylindre, peut facilement être employé pour déterminer la loi du mouvement de l'indicateur, quel qu'il soit et qu'elle qu'en soit la cause. Ainsi, que l'indicateur tombe en vertu de la *pesanteur*; monte en vertu d'une force quelconque, d'un ressort, de l'explosion de la poudre par exemple; monte et descende alternativement en vertu du mouvement d'une bielle, d'un piston de machine à vapeur, etc., on pourra facilement déterminer la loi de son mouvement. Il suffira seulement de disposer les circuits de manière que l'appareil d'induction fonctionne pendant le passage de l'indicateur le long du cylindre et de donner à ce dernier un mouvement de rotation connu. On règle, le jeu de l'indicateur au moyen de l'appareil disjoncteur, comme on l'a vu au chapitre IV, § 1.

Nous ajouterons encore que, dans le cas particulier où l'appareil serait employé à mesurer la loi de la chûte d'un corps libre, on

peut supprimer l'électro-aimant support du mobile indicateur, et le remplacer par une glissière-porte-indicateur qui serait mobile le long des montants. Cette modification entraînerait aussi la suppression du ruban directeur en cuivre.

Alors, quel que soit le mouvement de l'indicateur et sa course, qu'il soit continu ou alternatif dans les limites de la longueur du cylindre, l'étincelle tracera par petits points sur ce dernier une courbe représentative de la loi de ce mouvement; car si on développe la feuille de papier sur laquelle elle est tracée, on obtient une courbe plane dont, les ordonnées parallèles à l'axe du cylindre sont les espaces parcourus, et les abcisses, parallèles à la base du cylindre développé, les temps correspondants.

Cet appareil très-simple peut (pensons-nous) recevoir de nombreuses et utiles applications. Nous citerons entr'autre les deux suivantes :

La première a pour objet de faire connaître le nombre d'étincelles produites, dont l'unité de temps et l'intervalle de temps qui sépare leur apparition. On compte à cet effet le nombre N des traces d'étincelles faites sur une partie déterminée L de la génératrice du cylindre, puis on calcule, comme on l'a vu précédemment, le

temps T du parcours de L; $\frac{N}{T}$ est alors le nombre d'étincelles produites dans l'unité de temps, et $\frac{T}{N}$ l'intervalle moyen du temps qui les sépare.

La seconde servirait à reconnaître si l'intervalle de temps, qui sépare l'apparition de deux étincelles, est constant ou variable et à le mesurer. Nous supposerons, à cet effet, que l'indicateur est animé d'une vitesse suffisante pour parcourir un espace très-appréciable, pendant l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'arrivée des deux étincelles. Ce temps étant toujours très-petit δt, dans les circonstances où nous opérons, on peut négliger son carré dans l'expression

$$\delta e = gt\ \delta t + \tfrac{1}{2} g\,(\delta t)^2,$$

qui donne la valeur δe correspondant à l'intervalle de temps δt, laquelle se réduit alors à :

$$\delta e = gt\,\delta t \quad \text{d'où} \quad \frac{\delta e}{t} = g\delta t$$

Appliquant cette formule aux espaces :

$$e_1 \qquad e_1 + \delta e_{11} \qquad e_1 + \delta e_{11} \qquad e_1 + \delta e_{11}\ \text{etc.}$$

auxquels correspondent les temps calculés

$$t_1 \qquad t_1 \qquad t_1' \qquad t_{11}\ \text{etc.}$$

et les accroissements mesurés

$$\delta e_1 \quad \delta e_2 \quad \delta e_3 \quad \delta e_4 \quad \delta e_5,\ \text{etc.}$$

on aura :

$$\frac{\delta e_1}{t_1} = g\delta t_1, \quad \frac{\delta e_2}{t_2} = \delta\, t_2, \quad \frac{\delta e_3}{t_3} = g\delta t_3, \quad \text{etc.}$$

Les premiers termes de ces équations étant connus, on aura la valeur des seconds. S'ils sont égaux $t_1 = \delta t_2 = \delta t_3$, etc., et par conséquent l'intervalle entre l'arrivée de deux étincelles consécutives est constant. Dans le cas contraire il est variable et l'on peut calculer les limites de la variation.

On peut, au moyen d'une construction graphique très-simple, obtenir très-exactement ces résultats. Pour cela il suffirait de prendre sur une droite indéfinie, et à partir d'un point quelconque pris pour origine, des longueurs proportionnelle aux espaces

$$e_1 \quad e_1 + \delta e_1 = e_2 \quad e_2 + \delta e_2 = e_3 \quad e_3 + \delta e_3 = e_4,\ \text{etc.}$$

parcourus par l'indicateur, de l'origine du mouvement aux traces successives des étincelles; puis d'élever à chaque extrémité de ces abcisses des ordonnées respectivement proportionnelles à

$$\delta e_1 \quad \delta e_2 \quad \delta e_3 \quad \delta e_4,\ \text{etc.}$$

et à une échelle assez grande; enfin, de tracer

le lieu géométrique des extrémités supérieures de de ces ordonnées.

Si ce lieu géométrique est une droite, les rapports $\frac{\delta e_1}{t_1}$ $\frac{\delta e_2}{t_2}$ $\frac{\delta e_3}{t_3}$ etc., sont égaux, et par conséquent les intervalles d'arrivée de deux étincelles successives δe_1 δe_2 δe_3 etc. le sont aussi.

Si ce lieu géométrique est une courbe ou une ligne brisée, ces intervalles ne seront pas constants, et on mesurera facilement leur différence si l'échelle est suffisante.

Il est évident que cet appareil pourrait aussi servir à déterminer le nombre de vibrations faites, pendant l'unité de temps, par une lame vibrante et disposée de manière à fermer le circuit à chaque oscillation, par exemple, comme dans le petit interrupteur de M. Froment. L'appareil ferait aussi connaître la durée des vibrations, leur isochronisme ou leur différence de durée.

Nous ne nous arrêterons pas davantage sur ce sujet. Les considérations générales dans lesquelles nous sommes entrés suffiront pour faire comprendre et apprécier cet appareil.

III

MODIFICATION DU CHRONOGRAPHE A CYLINDRE TOURNANT.

On peut aussi modifier le chronographe à cylindre tournant de manière, à supprimer les électro-aimants moteurs des styles ainsi que ces derniers, et à les remplacer par l'action mécanique de l'étincelle d'induction.

A cet effet on remplacerait tout le système des électro-aimants et de leurs styles par un appareil d'induction de Ruhmkorff. Une des extrémités du fil de la bobine induite aboutirait au cylindre métallique tournant et préalablement couvert de papier, tandis que l'autre serait attachée à une pointe de platine isolée et fixée sur un charriot mobile, qui l'entraînerait parallèlement à une génératrice du cylindre. La distance de la pointe au cylindre devrait être assez faible pour que l'étincelle puisse jaillir entre eux et percer le

papier, quand l'appareil d'induction serait en activité; à cet effet la pointe terminerait une vis mobile dans un écrou et pouvant approcher normalement du cylindre autant qu'on le voudrait.

Les différentes cibles I, II, III, IV seraient en communication avec un des pôles de la même pile, et avec une des extrémités du fil de bobine inductrice dont l'autre communiquerait avec le pôle opposé. Les circuits I, II circuleraient dans la bobine en sens contraire et seraient mis en équilibre: il en serait de même des couples de circuits III, IV , IV, V, etc., de sorte que tout le système inducteur serait inactif.

Actuellement si l'on rompt le circuit I, l'équilibre est rompu dans la bobine inductrice et le courant d'induction naissant, produit aussitôt sur le cylindre tournant, une série d'étincelles et de points qui cesse quand on interrompt le circuit II ; l'interruption du circuit III détruit de nouveau l'équilibre, d'où résulte une nouvelle série d'étincelles et de points, qui s'arrête quand le circuit IV est interrompu.

On obtient ainsi une série d'arcs héliçoïdaux, dont on connaît la distance circulaire des extrémités à la génératrice initiale passant par la pre-

mière trace. Ces distances circulaires et la vitesse de rotation du cylindre, qui est connue, suffisent pour calculer les temps écoulés pendant le trajet de l'intervalle des cibles, et par conséquent les vitesses correspondantes.

Nous avons supposé implicitement, que le temps de cessation des étincelles était nul, ou du moins que le retard était égal à celui de leur production. Cette hypothèse peut bien ne pas être réalisée. La différence sera toujours très-petite, cependant, si l'on croyait qu'elle eût une certaine influence sur la mesure du temps, on pourrait faire disparaître cette cause d'erreur.

A cet effet la cible 1 serait composée des circuits équilibrés I, II; la cible n° 2 des circuits III, IV, etc., de sorte que le passage des projectiles à travers chaque cible interromprait, à un très-petit intervalle de temps près, les deux fils où circulent deux courants équilibrés. L'appareil inducteur étant seulement en activité pendant un temps très-court, ne produirait chaque fois qu'une seule étincelle ou un petit nombre d'étincelles. Dans ce dernier cas, on tiendrait seulement compte de la première.

Alors on n'aurait plus qu'à avoir égard au

temps de retard de la production de la trace faite par l'étincelle, car, puisque ce retard est toujours le même et qu'on opère par différence, il disparaîtra dans le calcul.

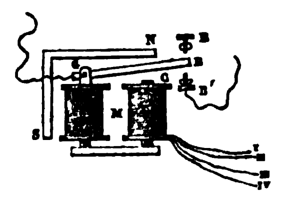
Les inconvénients de cette disposition seraient: 1° l'emploi d'un double réseau à chaque cible et celui d'une forte pile à cause de la longueur des circuits inducteurs dont les cibles font partie; 2° la différence des circonstances dans lesquelles se produirait l'étincelle d'induction, à cause de l'augmentation de l'intensité du courant à mesure que le nombre des circuits diminuerait, car ils sont dérivés d'une même pile. On pourrait facilement remédier à ce dernier, en donnant à chaque couple de circuits équilibrés une pile semblable et une égale résistance; le premier entraîne seulement un accroissement de dépense.

On pourrait, si cela était jugé nécessaire, n'employer qu'un seul circuit inducteur pour les diverses cibles. Dans ce cas, il faudrait mettre momentanément en activité le circuit inducteur afin de n'obtenir qu'une trace ou un petit nombre de traces, quand le projectile traverserait une cible. La distance angulaire des deux traces, ou des deux premières de chaque groupe, si l'étincelle

en faisait plusieurs, servirait à mesurer le parcours de l'intervalle qui sépare les deux cibles.

A cet effet on attacherait les deux extrémités du circuit inducteur aux points G et B' de l'appareil ci-joint (fig. 9) appartenant l'un à la char-

Fig. 9.



nière de l'armature G E, l'autre à la vis B'. Cet appareil dû à M. de Lafollye inspecteur des télégraphes, consiste dans un électro-aimant muni d'une armature à charnière G E surmontée d'un aimant naturel N S dont le pôle, placé en regard de celui de l'électro-aimant sur lequel s'abaisse l'armature, serait de signe contraire à celui que le courant développerait dans l'aimant temporaire. Dans ce cas, en effet, l'armature est attirée par l'aimant permanent pendant l'inertie de l'aimant temporaire. Mais quand ce dernier de-

vient actif et plus puissant que le précédent, l'armature G F prend la même polarité que le pôle N; elle sera alors attirée par l'électro-aimant et repoussée par l'aimant permanent, double action qui rendra plus sensible le jeu de l'appareil. L'emploi d'une force constante, l'action du pôle N, pour remplacer la réaction des ressorts difficiles à régler, est très-ingénieuse. On pourrait généralement la substituer à la réaction des ressorts destinés à ramener l'armature à sa position initiale, quand le circuit est interrompu.

Les circuits I, II, partant d'une même pile, pour former le réseau de la première cible et destinés à être coupés successivement à peu d'intervalle de temps, sont équilibrés dans l'électro-aimant M, de manière que le circuit II donne un pôle contraire à celui N de l'aimant permanent. Les circuits III, IV formant le réseau d'une seconde cible semblable sont aussi équilibrés dans le même électro-aimant M, de manière que le circuit IV ait le même sens que le courant II. Il en serait de même pour les autres couples de circuits des cibles suivantes.

Le jeu est facile à comprendre; à l'état de repos l'aimant naturel attirant l'armature, interrompt le circuit inducteur; mais l'interruption

du circuit I activant le courant II, l'électro-aimant devient actif et attire l'armature G F, qui ferme le circuit inducteur et détermine l'étincelle. Le circuit II étant presque aussitôt interrompu, l'aimantation cesse dans l'électro-aimant, et l'armature est attirée par l'aimant permanent, ce qui interrompt le circuit inducteur. Les mêmes phénomènes se passent quand le projectile interrompt les couples III, IV, V, VI, etc.

Connaissant, alors, la position des traces initiales, faites par les étincelles sur le cylindre à chaque rupture de cible on déterminera leur distance angulaire et par suite les temps écoulés entre leur production.

Le chronographe à cylindre serait ainsi très-simplifié sans rien perdre de ses propriétés particulières.

NOTES.

J'ai cru utile de terminer par quelques notes sur les parties de l'électro-magnétisme les plus plus importantes à connaître pour ce travail.

Elles éviteront les recherches à ceux qui auraient la facilité d'en faire, et pourront servir à ceux qui seraient éloignés des bibliothèques scientifiques. Ces notes sont des extraits ou des résumés des ouvrages écrits par les physiciens qui se sont principalement occupés de l'électro-magnétisme, tels que le *Traité d'électro-magnétisme et d'électricité* de MM. Becquerel père et fils, dont le nom est depuis longtemps connu des physiciens; le *Traité d'électricité* de M. Delarive, le savant rédacteur des *Archives de l'électricité*; le *Cours de physique de l'École Polytechnique*; le *Journal la Science*, par M. le vicomte du Moncel, auteur de divers ouvrages sur l'électricité et ses applications, etc.

I.

NOTE SUR L'INDUCTION MAGNÉTIQUE ET LA CONSTRUCTION LE L'APPAREIL DE RUHMKORF.

§ I. *Des courants d'induction.*

Le rôle important et souvent capital que jouent les les courants d'induction dans certains appareils électro-dynamiques, nous ont engagé à rappeler ici leurs principales propriétés. Leur connaissance est d'une utilité indispensable : pour se rendre compte de certains effets qui paraissent anormaux et éviter les mécomptes dans la création et l'emploi des appareils électro-dynamiques.

En 1832 M. Faraday découvrit qu'un courant électrique et un aimant peuvent développer à distance et par influence, des courants électriques dans un conducteur, comme l'électricité statique d'un corps électrise par influence un conducteur isolé.

Voici comment on obtient ce résultat remarquable. On enroule sur un cylindre de bois ou de verre deux fils métalliques recouverts de soie de manière à former deux

[redacted]

hélices semblables dont les spires soient parallèles et aussi rapprochées que possible. On fait communiquer les deux bouts de l'un des fils avec ceux d'un galvanomètre, et les deux bouts de l'autre avec les deux pôles d'une pile. Au moment où l'on ferme le dernier circuit, le précédent étant supposé fermé, on voit l'aiguille du galvanomètre se dévier ; mais cette déviation cesse aussitôt, même lorsque le courant de la pile n'est pas interrompu. Dès qu'on interrompt de nouveau ce courant, l'aiguille du galvanomètre éprouve une seconde déviation également subite et passagère ; Mais cette seconde déviation a lieu en sens contraire de la première.

Ainsi, le courant voltaïque, qui traverse l'un des fils détermine dans l'autre un courant instantané à l'instant où il commence à passer, et un second à l'instant où il est interrompu. Ces deux courants instantanés sont nommés *Courants induits*, et le courant de la pile, qui les produit, est nommé *Courant inducteur*. Le premier courant induit, c'est-à-dire celui qui résulte de la fermeture du courant de la pile, est de sens contraire à celui du courant inducteur, et le second courant induit, déterminé par la rupture du circuit inducteur, a le même sens que ce dernier.

Nous avons supposé deux conducteurs voisins et fixes, mais si au lieu de deux fils enroulés en hélice il n'y

en a qu'un dont les extrémités communiquent avec celles du fil d'un galvanomètre, et qu'on introduise subitement dans le cylindre creux une bobine électro-dynamique, c'est-à-dire une hélice parcourue par un courant électrique, puis qu'on la retire rapidement, on remarquera qu'à l'instant de l'introduction de l'hélice, il se manifeste dans l'hélice extérieure, un courant d'induction contraire à celui du courant de la bobine introduite, et, à l'instant où l'on retire l'hélice, qu'il se produit dans la bobine extérieure un second courant de même sens que celui de cette hélice. Pour rendre sensibles ces courants d'induction, il faut introduire et retirer très-brusquement l'hélice électro-dynamique.

L'analogie, existant entre les propriétés des aimants et celles des hélices électro-dynamiques, fit supposer à M. Faraday, que l'on obtiendrait des résultats semblables à ceux de l'expérience précédente, si l'on introduisait dans la bobine un aimant au lieu d'une hélice électro-dynamique ; l'expérience justifia complétement la prévision de l'illustre physicien anglais.

Cette expérience explique pourquoi l'introduction d'un cylindre de fer doux dans une double bobine inductrice et induite, rend plus énergiques les courants d'induction ; c'est que le courant inducteur de l'hélice inductrice, tout en produisant un courant d'induction,

aimante le fer doux, qui agit lui même pour produire un autre courant d'induction qui s'ajoute au précédent. De même, quand le circuit inducteur cesse le fer doux étant désaimanté, il y a développement d'un second courant induit qui s'ajoute aussi à celui provenant de la suppression des courants inducteurs.

Ainsi un courant se développe dans un circuit fermé, quand un autre circuit parcouru par un courant s'en approche où s'en éloigne. Quand un circuit fermé est voisin d'un autre circuit, dans lequel on fait passer ou cesser spontanément un courant, il s'en développe aussi un dans le circuit fermé. On peut dans ce second cas considérer la naissance des courants dans les circuits fermés comme provenant de l'approche ou de l'éloignement d'un courant ou d'un aimant avec une vitesse infinie.

Les ffets d'induction et le sens des courants se trouvent alors compris dans la formule suivante nommée *Loi de Lenz*, du nom du physicien qui l'a trouvée :

« *Le sens du courant, développé par une induction électro-dynamique ou électro-magnétique dans un circuit induit, est tel qu'il produirait par réaction sur le circuit ou sur l'aimant inducteur, un mouvement de ce circuit ou de cet aimant, inverse de celui qu'on lui a imprimé par une force extérieure afin de produire le*

« *Le sens du courant, développé par une induction électro-dynamique ou électro-magnétique, dans un circuit induit, est tel que si ce courant y existait naturellement, sa réaction sur le courant inducteur produirait une force opposée à celle qu'a produit le mouvement imprimé à l'aimant ou au circuit mobile.* »

On remarque donc entre les phénomènes de courants appartenant à l'induction et les phénomènes de mouvement propres à l'électro-dynamique, une relation de réciprocité. Car, si un courant existe dans les deux circuits, leur réaction mutuelle produit un mouvement et par conséquent un travail mécanique extérieur; si le courant existe dans un premier circuit et qu'un travail mécanique extérieur le mette en mouvement, ce mouvement produit dans le second circuit un courant et une réaction mutuelle entre les deux circuits.

« Un phénomène de courant se transforme donc en un travail mécanique et un travail mécanique en un phénomène de courant. Rien ne se crée, rien ne se perd et l'on n'entrevoit guère jusqu'ici, entre les phénomènes d'induction et les autres phénomènes de l'électricité dynamique, d'autre lien rationel que ce principe général, qui conserve ici une forme toute métaphysique, par suite de notre ignorance absolue des causes mécaniques de l'électricité. (1) »

(1) *Cours de Physique de l'École Polytechnique.*

§ 2. *Courants de divers ordres.*

Les courants induits directs et inverses agissant pendant un intervalle de temps très-court, fonctionnent à leur tour comme courants inducteurs et produisent, chacun, dans un circuit induit deux courants qui se succèdent presqu'instantanément, l'un d'induction commençante, l'autre d'induction finissante.

La série de ces courants induits de divers ordres, pourait être représentée par une série de courbes, dont, les abcises représenteraient les temps, et les ordonnées positives ou négatives l'intensité des courants directs ou inverses.

On peut se rendre compte des particularités de forme de ces courbes par les considérations suivantes : $I = \varphi(t)$ étant l'intensité actuelle d'un courant inducteur quelconque, ce sont les changements d'intensité qui sont la cause électro-magnétique du courant induit. On peut donc, quelle que soit la loi entre la cause et l'effet, supposer au moins comme première approximation, l'intensité du courant induit proportionnelle à la vitesse de changement du courant inducteur, de sorte que cette vitesse étant $\frac{dI}{dt}$, on a $i = k \frac{dI}{dt} = k\,\varphi'(t)$ qui devient nulle

quand $\varphi'(t) = o$ ou généralement quand la courbe de I passe par des *maxima* et *minima*. Elle devient *maxima* ou *minima* quand $\frac{dI}{dt} = o$ ou $\varphi''(t) = o$, ce qui correspond aux points d'inflexions de la courbe d'intensité de I. (1).

§ 3. *Effets statique des courants d'induction.*

Un courant inducteur ne détermine pas seulement dans le conducteur soumis à son influence un courant induit, mais il peut y déterminer des effets très-prononcés d'électricité statique tels que : les étincelles à distance dans l'air ; la charge d'un condensateur ; la décomposition de l'eau, en donnant des mélanges de gaz oxigène et hydrogène ; la déviation du galvanomètre ; l'aimantation ; l'incandescence des fils de platine ; la production de fortes commotions, etc. ; de telle sorte que le courant d'induction est entièrement transformé en électricité statique. Ce fait important, signalé par M. Faraday, a été constaté par des expériences faites sur une très-grande échelle par MM. Masson et Breguet.

On n'avait d'abord obtenu l'induction électro-dynami-

(1) *Cours de physique de l'École Polytechnique.*

que qu'en se servant de courants électriques. Mais un physicien des États-Unis, M. Henry, remarquant que des courants instantanés produisaient des courants induits, pensa que des décharges électriques, par exemple, celles d'une bouteille de Leyde, pourraient aussi en développer. Il réussit en effet, mais en prenant beaucoup de précautions pour isoler les uns des autres les fils en spirale, au moyen de la soie et de la gomme laque, et en séparant par du verre la spirale inductrice de la spirale induite. Il obtint, aussi, des courants induits de divers ordres, ayant, à l'égard les uns des autres, la même direction que si l'induction primitive résultait du courant d'une pile.

§ 4. *Induction d'un circuit sur lui-même.*

Jusqu'ici on a supposé deux conducteurs : l'un destiné à produire le courant inducteur, l'autre dans lequel se développe le courant induit sous l'influence du premier. L'expérience a montré que le phénomène d'induction peut se manifester avec un seul conducteur, dans lequel on transmet le courant inducteur et on reçoit le courant induit; c'est cette forme particulière d'induction qu'on nomme *induction d'un courant sur lui même.*

M. Faraday, à la suite de longues expériences sur le

phénomène, est arrivé à démontrer que, si l'on rompt le circuit d'un seul couple formé par un long fil de cuivre, on produit aussitôt dans ce fil un *extra-courant* qu'on peut percevoir directement, en fixant à chacun des bouts du fil un appendice ou une plaque en cuivre, et en réunissant ces deux plaques par divers conducteurs. Un fil de platine est rougi et fondu; l'eau est décomposée; et l'aiguille aimantée déviée, au moyen du courant transmis entre les deux appendices.

Si le conducteur, qui réunit les appendices, est imparfait, alors il se produit une étincelle très-brillante au point où l'on interrompt le circuit; elle est au contraire presque nulle s'il est bon. Cela vient de ce que, dans le premier cas l'extra-courant développé dans le long fil qui réunit les pôles de la pile, achève son circuit à travers la pile elle même, puisqu'il ne peut passer ailleurs, tandis qu'il l'achève dans le second à travers le corps qui unit les deux appendices, vu que ce corps se trouve être un bon conducteur. Cet extra-courant peut donner naissance à une étincelle entre les appendices quand on les rapproche presqu'au contact, et si on les tient dans les mains on éprouve une forte commotion.

L'énergie de l'extra-courant est beaucoup plus prononcée quand le conducteur interpolaire est enroulé en hélice, surtout si l'on met dans l'intérieur un cylindre de fer doux. Cette circonstance et d'autres encore montrent

que l'extra-courant est bien un courant d'induction, avec cette seule différence qu'il est développé dans le circuit même ou passe le courant induit. L'action mutuelle des hélices les unes sur les autres, dont chacune sert à la fois de corps inducteur et de corps induit, et l'influence du fer doux, qui, aimanté par le courant inducteur, augmente ainsi l'intensité de courant induit, sont tout à fait d'accord avec toutes les conditions essentielles de l'induction, aussi bien que la direction même de l'extra-courant qu'on peut apprécier : soit par la décomposition chimique, soit par l'effet galvanométrique. Cette direction en effet est telle que dans le circuit formé par le long fil qui unit les plaques du couple et par le conducteur qui unit les deux appendices, l'extra-courant passe dans le long fil en suivant le même sens que le courant du couple lui-même.

Il ne faut pas oublier que le courant induit ou extra-courant dont il sagit est celui qui se produit au moment où le circuit est interrompu et non au moment où il est établi.

Cet extra-courant est de même sens que le courant inducteur tandis que le courant induit, obtenu au moment de la fermeture du courant inducteur, allant en sens inverse diminue son intensité ; mais il ne peut être perçu parce qu'il circule dans le même circuit qui le courant du couple (1).

(1) *Traité d'Électricité* par De Larive, t. I.

II.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE L'APPAREIL D'INDUCTION DE RUHMKORFF.

La construction des appareils d'induction influe beaucoup sur l'énergie des courants induits. On peut à se sujet établir un analogie entre ce qui se passe dans la production de ces courants et dans celle des courants ordinaires provenant des couples.

On sait en effet, que, lorsqu'on réunit plusieurs éléments de pile par les même pôles pour former un élément d'une grande surface, ou bien par des pôles contraires de manière à former une série de couples, les courants obtenus sont très-différents. Dans le premier cas les éléments sont attelés pour produire de l'électricité possédant une *grande intensité*, dans le second ils produisent un courant d'une *grande tension*, c'est-à-dire capable de vaincre de grandes résistances.

Les appareils à induction, l'appareil de Ruhmkorff par exemple, peuvent de même donner des courants induits de quantité ou de tension selon leur construction ; ainsi un

appareil à bobine induite, dont le fil est court, produit un courant d'induction d'une faible tension, capable seulement de circuler dans des conducteurs interpolaires métalliques et continus, de dévier le galvanomètre, etc. Un appareil dont le fil de la bobine induite serait long et très-fin, la bobine inductrice à fil gros et court restant toujours la même, produirait au contraire un courant induit doué d'une très-grande tension et capable de vaincre de grandes résistances interpolaires, tels que : des circuits discontinus pour produire des étincelles, ou de mauvais conducteurs comme le corps humain, pour produire certains effets phsyiologiques.

Il est facile de se rendre compte de ces phénomènes, si l'on considère la bobine induite du premier cas, comme la réunion par les extrémités semblables d'un grand nombre d'hélices à fil fin, dans lesquelles le courant inducteur développerait des courants induits égaux; car, dans le premier cas, toutes ces hélices, ou éléments électro-dynamiques, seraient réunis par les extrémités semblables pour former le fil gros et court, et dans le second, en série, par les extrémités dissemblables de manière à former le fil fin et long. On peut construire un appareil qui produise ce double résultat à volonté, ce qui confirme l'analogie entre l'influence de l'arrangement des éléments électro-dynamiques, ou électro-moteurs, dans ces appareils et les piles.

Ces considérations sont importantes pour se décider sur le choix de l'appareil d'induction qu'il est préférable d'employer dans les expériences qu'on se propose de faire.

III

NOTE SUR LES HÉLICES-DYNAMIQUES.

§. 1 *Propriétés des hélices dynamiques.*

Nous croyons devoir entrer ici dans quelques détails sur les propriétés remarquables des *hélices dynamiques* dont on aurait à faire des applications. On sait que l'on enroule en hélice, sur une bobine creuse en bois ou en cuivre, un long fil métallique et qu'on y fait circuler un courant magnétique, cette bobine attire un cylindre de fer doux introduit partiellement dans son intérieur, jusqu'à ce qu'il se trouve placé symétriquement par rapport aux pôles de l'hélice. Si e cylindre de fer était fixe la bobine serait entraînée jusqu'à ce que la symétrie existât ; dans l'un et l'autre cas l'attraction cesse avec le courant qui l'a déterminée,

Il est facile de se rendre compte de ces phénomènes d'attraction, car, l'hélice dynamique pouvant être considérée comme un aimant et un aimant comme une hélice traversée par un courant, on peut supposer que le fer doux mobile dans la bobine est une hélice, dans laquelle le courant aura le même sens que dans la bobine puisque leurs pôles semblables sont du même côté ; or comme deux courants marchant dans même sens s'attirent, la petite hélice, ou le cylindre de fer doux qu'elle représente devra s'enfoncer dans la grande, jusqu'à ce que les deux extrémités soient symétriquement placées parrapport aux pôles de l'hélice

On comprendra aussi que c'est vers le mileu de l'hélice que le fer mobile est le plus fortement attiré, car les parties en contact des deux hélices n'agissant pas l'une sur l'autre, c'est dans cette position que chaque moitié de la grande hélice (celle de la bobine) agit sur la petite (le fer mobile) de plus près et le plus efficacement.

Cette force d'attraction paraît varier avec la masse du fer doux mobile, mais seulement jusqu'à une certaine limite après laquelle se manifestent les inconvénients d'un poids inutile et d'un frottement plus grand. Le fer mobile dans ces hélices, paraissant en quelque sorte jouer vis à vis d'elle le rôle de l'armature des électro-

aimants, semble devoir obéir aux conditions de cette dernière.

Il est évident que l'effet attractif des hélices peut se manifester également avec un aimant dont les pôles auraient le même sens que ceux de la bobine, ou avec une hélice dont le courant aurait aussi le même sens. C'est toujours la même action qui se reproduit.

Ainsi l'électricité met à notre disposition deux forces : l'attraction des électro-aimants, dont l'hélice est parcourue par un courant, et l'attraction de l'hélice sur un fer doux pouvant glisser librement dans son intérieur. On peut augmenter cette attraction en adaptant à l'une des extrémités de la bobine une rondelle de fer doux, car on y ajoute l'effet résultant de la réaction, sur le fer fixe, du fer mobile devenu aimant.

§ 2. *Lois des hélices dynamiques.*

M. du Moncel a déduit d'une série d'expériences sur ce mode d'attraction, faites dans les circonstances les plus favorables, c'est-à-dire, avec une rondelle de fer à l'une des extrémités de la bobine électro-dynamique, les lois suivantes :

1° La force attractive augmente à mesure que l'on enfonce le fer dans l'hélice ;

2° Elle augmente encore avec la masse de fer qu'on

introduit, mais jusqu'à une certaine limite qui varie suivant la profondeur à laquelle le fer est primitivement placé;

3° Cette augmentation de la force attractive avec la masse du fer suit un rapport, qui varie également avec la profondeur à laquelle le fer est placé; ainsi au lieu d'augmenter dans la proportion de 1/3 1/6 1/12 de son premier effet, rapports qui correspondent à des masses de fer doubles triples et quadruples, lorsque le fer entre de moitié dans l'hélice, cette force attractive ne s'augmente que dans le rapport 1/6 1/18 de son premier effet, lorsque le fer entre aux deux tiers de la bobine;

4° La limite maxima qu'il faut donner au fer, pour obtenir l'effet le plus grand possible, diminue à mesure que le fer entre dans l'hélice. Ainsi, cette limite qui, dans les conditions de l'expérience, correspondait au quadruple de la masse primitive, lorsque le fer n'était qu'à moitié de l'hélice, n'en était plus que le triple aux deux tiers;

5° Tout bien compensé, il y a toujours avantage à enfoncer le plus possible le fer dans l'hélice (1).

(1) Les expériences, dont je viens de donner les résultats, ont été faites avec une bobine de 6 ½ centimètres de longueur ayant un vide de deux centimètres de diamètre. Le nombre des tours enroulés était de 8. Le diamètre du fil était de 1 millimètre et le poids porté par l'électro-aimant correspondant à cette bobine de

Il y aurait du reste beaucoup d'expériences à faire sur ce sujet, par exemple pour constater la variation de la puissance attractive de l'hélice, suivant le nombre de tours enroulés, la grosseur du fil, la longueur de l'hélice, le nombre des éléments de pile employés, etc.

§ 3. *Comparaisons des propriétés des hélices des électro-aimants*

Nous terminerons par l'exposition des avantages et inconvénients particuliers aux électro-aimants et aux hélices électro-dynamiques.

Les hélices électro-dynamiques ont l'avantage de fournir une course considérable au fer mobile et de donner, par conséquent, le moyen d'agir directement sur les mécanismes destinés à la transformation du mouvement, mais en revanche la force est faible et ne peut être employée avantageusement que dans le sens horizontal. Ainsi pour une machine un peu puissante il ne faut pas songer à ce mode d'attraction. Mais il n'en est plus de même quand il s'agit d'une très-faible force, car à l'avantage cité précédement se réunit celui plus pré-

12 kil. pour un élément de Bunzen. La tige de fer cylindrique, de longueur variable, avait 3 1/2 millimètres de diamètre.

cieux encore de n'avoir plus à supporter les effets de la force coërcitive du fer, dont on connaît les inconvénients.

§ 1. *Influence de la qualité du fer.*

La qualité du fer, ou du moins sa préparation, influe beaucoup sur la force de l'électro-aimant. Il faut qu'il soit le plus doux possible et pour cela on le recuit plusieurs fois, afin que l'armature quitte l'électro-aimant quand le courant cesse de circuler dans ce dernier. En général le contact ne cesse pas instantanément, par suite d'une *force coercitive* due à la persistance de l'aimantation, quand la cause a cessé.

La rapidité avec laquelle le fer perd son aimantation dès que le courant cesse dépend aussi de la nature et de la forme de l'électro-aimant.

On neutralise cette force coercitive, qui retient le contact, en recouvrant d'une feuille de papier les faces pôlaires de l'électro-aimant, car dans ce cas l'armature tombe aussitôt que le courant cesse. Un léger dépôt galvanique d'argent, d'or, de cuivre, etc., sur ces faces produirait le même effet. Ces résultats sont très-importants à connaitre quand il s'agit d'appareils où la rapide désaimantation ou du moins le rapide détachement de l'armature est nécessaire.

L'emploi d'un faisceau de fil de fer doux, au lieu d'un barreau, rend la désaimantation plus rapide, ce qui tient

probablement à un effet d'induction. Mais, toutes choses égales d'ailleurs, le poids porté par le faisceau de fil est moins considérable que par le barreau.

La rapidité de la désaimantation du fer peut varier dans des limites très-étendues, en diminuant l'intensité du courant, en employant du fer très-doux, et évitant le contact entre les armatures et les pôles, comme on l'a indiqué précédemment. MM. Delarive, Neeff, Froment ont construit des apppareils qui peuvent donner des milliers d'interruption par seconde en les réglant convenablement.

§ 2. *Influence de l'enveloppe.*

L'enveloppe, qui entoure le fer de l'électro-aimant et sur laquelle est enroulé le fil conducteur, a une certaine influence sur la rapidité de l'aimantation et de la désaimantation, mais non sur le poids porté ou l'intensité magnétique développée. Ainsi, une enveloppe en cuivre ou en métal conducteur diminue le nombre des aimantations, que l'on peut obtenir dans un temps donné et cela d'après des effets d'induction qui se manifestent; aussi, dans les appareils où l'on voudra produire un grand nombre d'aimantations, doit-on employer des

[illegible]

qu'on veut produire [illegible]

ainsi suivantes ; la longueur [illegible]

[illegible] de la forme et de la dimension du barreau.

de fil, varie de 2 [illegible]

la longueur [illegible]

habituellement ou [illegible]

[illegible]

[illegible] l'égalité de [illegible]

[illegible]ance dans les électro-aimants [illegible]

[illegible] cet un fer à cheval [illegible]

[illegible]

[illegible] réduisant son épaisseur [illegible]

[illegible] l'intensité du [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]. Niklès a trouvé que la [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] intensité [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] l'intensité du courant [illegible]

[illegible]

[illegible] dépend de [illegible]

Ainsi, dans les électro-aimants en fer à cheval, l'écartement des branches doit être approprié à l'effet qu'on veut produire. En général on adopte les dimensions suivantes; la longueur des branches, enveloppées de fil, varie de 2 1/2 à 4 fois le diamètre du barreau; la longueur du fil enroulé dépend des effets à produire : habituellement on entoure les deux branches, jusqu'à ce que les bobines de chaque côté se touchent par les dernières spires du fil enroulé. Nous reviendrons sur cette question.

L'armature des électro-aimants en fer à cheval a généralement la même épaisseur que le barreau, car en réduisant son épaisseur on réduirait le poids supporté.

La dimension des barreaux a une grande influence sur la puissance de l'électro-aimant, car cette dernière croît avec le diamètre, quand on emploie des courants très-énergiques.

Ainsi, quand on désire obtenir d'un électro-aimant une attraction énergique, on devra le choisir le plus gros possible et employer une armature massive. Quand, au contraire, cet électro-aimant devra faire accomplir à son armature un grand nombre de vibrations de courte durée, il faudra qu'il soit petit, à poles rapprochés, et que son armature soit très-légère. Toutefois, comme le degré de saturation magnétique d'un électro-aimant dépend de la force électrique qui lui est appliquée, la

détermination de sa grosseur dépendra de la longueur du circuit et de la nature de la pile. En général, pour les courants de Daniell et un circuit d'une certaine longueur, le maximum de grosseur des électro-aimants ne doit pas dépasser 2 centimètres de branches et le minimum ne doit pas être au-dessous de 5 millimètres. Pour les circuits très-courts, et avec les piles de Buzen, la grosseur des électro-aimants n'a pas de limites; on en a fait qui ont jusqu'à 20 centimètres de branches et 40 centimètres de hauteur.

Outre les électro-aimants à une branche et à deux branches, ou en fer à cheval, il existe encore des *électro-aimants circulaires* dus à M. Niklès.

Ils se composent, essentiellement, de deux plaques en fer, ayant même diamètre que la bobine, qui sont soudées aux extrémités du barreau en fer doux d'un électro-aimant rectiligne.

On voit, alors, que le passage du courant aimantera en sens contraire ces deux disques, et qu'une armature en fer, placée parallèlement à l'axe de la bobine et près des circonférences de ces disques, sera vivement attirée.

§ 4. Influence de l'énergie du courant.

Quand on emploie des courants peu énergiques, pour aimanter les électro-aimants, *l'intensité magnétique peut être considérée comme proportionnelle à l'intensité du courant et au nombre de tours des hélices.* Alors, l'action par influence, sur une armature de fer doux à distance, est proportionnelle au carré de ces quantités. Cette donnée et les lois qui régissent les courants permettront de trouver dans quelles conditions il faudra employer des fils conducteurs de petit ou de grand diamètre, comme on va le voir au dernier paragraphe.

Mais comment cette puissance magnétique est-elle repartie dans le fer doux? C'est ce qu'on ignore encore. Cependant les expériences de MM. Joule, de Haldat, Muller, etc., montrent que le fer doux possède une limite de développement magnétique, et que la loi précédente ne s'applique plus quand les courants ont une grande énergie ou les barreaux un petit diamètre. En d'autres termes, au-delà d'une certaine limite dans un même électro-aimant la force magnétique ne croît pas en raison de la puissance du courant, et tend vers la saturation.

D'après M. Muller on arriverait aux résultats suivants :

1° Dans les barreaux de fer des électro-aimants, chaque molécule possède un maximum magnétique croissant proportionnellement au carré du diamètre des barreaux.

2° Pour développer, dans des barreaux de fer de diverses sections, la même partie aliquote de leur maximum magnétique, il faut employer des courants dont les intensités soient entre elles comme les racines carrées des cubes des rayons.

3° Dans les limites, entre lesquelles la puissance magnétique est proportionnelle à l'intensité du courant, la puissance magnétique, développée par des intensités électriques égales dans des barreaux variables en diamètre, est proportionnelle à la racine carrée des diamètres.

Ainsi, quant on veut augmenter beaucoup la puissance magnétique d'un électro-aimant ou faire usage de courants électriques très-énergiques, il faut des électro-aimants à barreaux de fer d'un très-fort diamètre ; car plus le diamètre est petit, plus on atteint rapidement la limite de saturation énoncée plus haut.

§ 5. *Influence de la longueur et du diamètre des fils.*

Les dimensions d'un électro-aimant étant arrêtées d'après les considérations précédentes, en ayant égard : à l'effet mécanique a obtenir; à la distance déterminée de ces électro-aimants à la source électrique; au nombre et à la nature des éléments de cette source électrique; à la questiont économique de la production de l'électricité, on pourra déterminer la grosseur et la longueur du fil de l'hélice magnétisante, en admettant que l'action exercée sur l'armature soit proportionnelle au carré de l'intensité du courant, ce qui a lieu quand celle-ci n'est pas très-énergique.

Cette question qui a été traitée complètement comme il suit (1), par M. le vicomte du Moncel, connu par de nombreux travaux sur l'électricité et ses applications, se resout au moyen du principe suivant justifié à la fois par la théorie et l'expérience.

Le maximum de force, dont un électro-aimant est susceptible, est obtenu lorsque la résistance à la conductibilité de son hélice magnétisante est égale à celle

(1) *La Science, journal des sciences pures et appliquées*, avril 1857.

du circuit, dans lequel elle est interposée, augmentée de la résistance intérieure de la pile.

Ce principe est une déduction des lois de Ohm. En effet, en admettant que R représente la résistance du circuit et celle de la pile, que E soit le pouvoir électro-moteur et r la résistance du fil de l'électro-aimant, l'intensité du courant, d'après les lois de Ohm, sera $I = \frac{nE}{R+r}$. Or, comme l'action exercée par l'électro-aimant sur l'armature en fer doux est proportionnelle au carré de cette intensité, elle l'est également à la longueur du fil enroulé r. La force aimantant pourra donc être représentée par la formule

$$F = \frac{n^2 E^2}{(R+r)^2}$$

Or, il est facile de voir que l'expression F est susceptible d'un maximum lorsque r varie; et effet, la différentielle, par rapport à r, est

$$\frac{n^2 E^2 (R - r)}{(R + r)^3}$$

et pour que cette expression soit zéro, c'est-à-dire celle du maximum, il faut que $R = r$.

Il ne s'agit donc, pour résoudre le problème en question, que de calculer la résistance intérieure de la pile en la rapportant à une longueur du fil pris pour unité,

d'ajouter à cette résistance celle du circuit, réduite par rapport à ce même fil, et enfin de calculer la longueur de tel ou tel numéro du fil qui, d'après sa section, peut fournir une résistance égale à la somme des deux premières résistances calculées.

Plusieurs physiciens se sont occupés de mesurer la résistance intérieure des différents éléments de pile les plus usités. Nous donnons ci-dessous les chiffres dont M. Breguet se sert et qu'il a déterminés directement par l'expérience. Il se rapportent tous au fil de fer des lignes télégraphiques qu'on a pris pour unité de comparaison, et qui a, comme on le sait, 4 millimètres de diamètre.

Elément de Bunsen bien préparé	141 mètres.
Id. servant depuis quinze jours	2070
Elément de Daniell avec eau acidulée	200
Id. avec eau pure	800
Id. avec diaphragme en vessie	106

Au moyen de ce tableau, la résistance intérieure d'une pile peut donc être calculée immédiatement, puisqu'il ne s'agit pour cela que de multiplier le chiffre de la résistance par le nombre des éléments employés. Ainsi, si on emploie une pile de Daniell composée de 10 éléments

chargés avec de l'eau pure, la résistance intérieure de cette pile sera 800 × 10 ou 8000 mètres.

Quand à la réduction de la résistance du circuit extérieur de la pile en fonction de l'unité admise, elle n'est qu'une simple application des lois de Ohm, c'est-à-dire une simple réduction proportionnelle en partant de ce principe que les *résistances* des circuits sont en *raison directe de leur longueur et en raison inverse de leur section*. Ainsi, un circuit de 100 mètres de fil de fer de 0,4 de millimètre, sera équivalent en résistance à un circuit de 10,000 mètres de fil télégraphique. Il y a aussi à tenir compte de la conductibilité, car il est évident que si le cuivre est 7 fois meilleur conducteur que le fer, il faudra lui donner 7 fois plus de résistance, pour obtenir des résistances égales de la part de deux circuits égaux composés avec ces deux métaux. Voici la table des conductibilités déterminées par M. Becquerel, Davy et Pouillet.

MÉTAUX.	DAVY.	BECQUEREL.	POUILLET.
Cuivre.	100	100	100
Or.	73	93.6	84
Argent.	109	73.6	116
Zinc.	»	28.5	»
Platine.	18	16.4	13
Fer.	14.5	15.8	16
Étain.	»	15.5	»
Plomb.	69	8.3	»
Laiton.	»	»	12

Un exemple pourra donner une idée de ces différents calculs. Supposons qu'il s'agisse d'un électro-aimant destiné à être interposé dans un circuit de 10 kilomètres de longueur, qui soit composé de fils télégraphiques ordinaires, et admettons que la pile, qui doit réagir sur lui, se compose de 10 éléments de Daniell : Quelle grosseur et quelle longeur devra-t-on donner au fil qui sera enroulé sur lui?

En mettant en application le principe fondamental que nous avons exposé, on arrivera d'abord à conclure que le fil destiné à être enroulé, devra présenter une résistance égale à (800 × 10) + 10 k., c'est-à-dire à

18 kilomètres de fils de fer de 4 millimètres de diamètre. Or si on choisit le fil n° 16 recouvert de soie, dont la section n'est que de 0,4 de millimètre, les 18 kilomètres de fil télégraphique équivaudront à 1260 mètres de ce numéro. En effet, les sections des fils croissant ou décroissant comme le carré des rayons, la section du fil n° 16 sera la centième partie de la section du fil télégraphique; par conséquent, d'après les lois de Ohm, la résistance de ce dernier fil sera, longueur pour longueur, 100 fois moindre que celle du fil n° 16. Il ne faudra donc que 180 mètres de ce dernier fil pour représenter en résistance les 18 kilomètres de fil télégraphique. D'un autre côté, comme le cuivre est environ 7 fois meilleur conducteur que le fer, cette quantité 180 devra être multipliée par 7 pour donner la véritable longueur du fil enroulé, qui sera de 1260 mètres.

Si l'électro-aimant est assez gros pour que cette longueur de 1,260 mètres ne le charge pas trop, on peut s'en tenir à ce calcul; mais si le contraire a lieu, on est obligé de recourir à un numéro de fil plus fin. En prenant, en effet, le n° 24 du commerce, cette longueur de 1260 mètres se trouve réduite à 518 mètres.

Le tableau, ci-contre, indique les différentes grosseurs des fils mis en usage dans les applications mécaniques de l'électricité, ainsi que leurs poids comparatifs et leur prix fort. Ces fils, parfaitement conditionnés, (fabriqués

rue Saint-Denis, n° 293), ont été pour ce fabricant l'objet d'une récompense de 2e classe à l'Exposition universelle de 1855.

Au moyen des poids indiqués sur ce tableau, on peut, jusqu'à un certain point, préjuger de la grosseur du fil que l'on doit employer. En effet, à moins de cas exceptionnels, on peut établir généralement qu'un électro-aimant soumis à l'action d'une pile de Daniell ne doit pas porter plus d'un demi-kilogramme de fil pour être dans de bonnes conditions, c'est-à-dire pour que les spires extrêmes ne soient pas trop éloignées des branches de fer de l'électro-aimant. D'après ce raisonnement, on voit que, dans l'exemple cité précédemment, le fil n° 16 ne pourrait être choisi, car le poids des 1260m serait 0 kil., 130 × 12,60, c'est-à-dire 1 kil., 638 gr. Le fil n° 24, au contraire, rentre dans les limites de poids que nous avons assignées; en effet, le poids de 518m de ce numéro est 0 kil., 0,80 × 5,18, c'est-à-dire 414 gr., 40 d.

On voit qu'à l'aide de la table que nous donnons ci-dessous et de celle des résistances des piles, il est très-facile de déterminer la grosseur et la longueur du fil en rapport avec un électro-aimant donné. Pour les circuits très-courts, quand la pile ne se compose que d'un seul élément, le calcul est encore plus simple.

	Numéros des fils.	Diamètre du fil de mét.	Rapport entre les sections des différents fils et celle du fil télégraphique.	Poids des 100 mètres.	Prix couvert en coton.	Prix couvert en soie.
Numéros Limoges.	1	0mm.6	44.4	0k.300	8f. le k.	16 f. »
	2	0.7	34.7	0.380	7 50	15 »
	3	0.8	25			
	4	0.9	19.7	0.550	7 50	15 »
	5	1.0	16			
	6	1.1	13.3	0.900	7 50	15 »
	7	1.2	11.1			
	8	1.3	9.4	1.500	6 75	14 »
	9	1.4	8			
	10	1.5	7.2	1.700	6 75	14 »
	11	1.7	5.8			
	12	1.8	5	2.120	6 50	14 »
	13	2.0	4			
	14	2.1	3.6	3.000	6 25	14 »
	16	2.6	2.3	4.700	6 00	14 »
Numéros carcasses.	12	0.5	64	0.170	8 50	17 »
	16	0.4	100	0.130	8 50	18 »
	20	0.32	160	0.100	10 »	20 »
	24	0.25	266	0.080	11 »	24 »
	28	0.22	320	0.060	Ne se font	30 »
	30	0.17	533	0.046	pas	36 »
	32	0.14	800	0.033	en coton	42 »

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'un élément de Daniell.

La résistance de cet élément représentant 800 m. de fil télégraphique, la longueur de fil qui devra être enroulée sera en fil n° 5 de 1 millimètre sera $\frac{800}{16} \times 7 = 350$;

mais le poids de ce fil étant trop considérable, nous prendrons le n° 2 (de Limoges), dont le diamètre est de 0,7 millim., nous aurons alors R = [illegible] × 7 = 161 dont le poids équivaut à environ 570 grammes. Nous retrouvant alors dans les limites que nous avons assignées, on peut conclure que c'est 161 mètres du fil n° 2 qui correspondent le plus efficacement à l'action d'un seul élément de Daniell sans longueur appréciable de circuit extérieur.

En faisant les mêmes calculs pour les électro-aimants en rapport avec des piles Bunsen, on arrive à conclure que la longueur de fil, correspondant à la force électromotrice d'un seul élément, est de 63 m. du fil n° 5 de 1 millim. de diamètre, ou de 147 m. du fil n° 10 de 1mm 5 et de 441 m. du fil n° 16 (L) de 2mm 6 de diamètre. Si l'on employait ce dernier fil, on aurait avantage à l'enrouler sur plusieurs fers d'électro-aimants, car cette longueur de fil correspondrait à un poids de 20 kilog. environ.

La question économique des électro-aimants, sous le rapport de l'électricité qu'ils absorbent n'est à considérer que pour les courants qui sont toujours ou presque toujours fermés, et pour les électro-aimants qui seraient employés dans l'industrie si le problème des électro-moteurs était résolu. La réponse à cette question peut, du reste, se formuler en deux mots, c'est que

la dépense de l'électricité est d'autant plus grande que le circuit offre moins de résistance, on le conçoit d'ailleurs facilement, si l'on se rappelle que l'action électro-chimique de la pile est d'autant plus énergique que l'intensité du courant qui la traverse est plus grande. Il en résulte que, pour dépenser le moins d'électricité possible, il faut charger de fil les électro-aimants ou en relier un certain nombre les uns aux autres quand on peut le faire sans obstacle.

En résumé, malgré les considérations très-importantes que nous venons de présenter sur les électro-aimants, malgré les beaux travaux des nombreux et savants physiciens, tels que MM. Lentz, Jacoby, Dehaldat, Poggendorf, Muller, etc., qui, depuis Œrsted, Arago, Ampère, ont recherché les causes influentes sur la force des électro-aimants, afin d'établir la loi de leur construction, la théorie de ces aimants temporaires reste encore à établir.

NOTE A.

Interrupteur à double effet pour les appareils d'induction par M. L. Foucault.

Pendant l'impression de ce mémoire, M. Foucault a apporté à l'appareil Ruhmkorff un perfectionnement important, qui consiste dans un interrupteur à mercure et à lame vibrante dont l'emploi augmente considérablement les effets d'induction.

« Ces sortes de machines, dit-il (1), qui, à l'époque où j'ai commencé mes recherches, ne donnaient l'étincelle qu'à la distance de douze ou quinze millimètres, ont pu être réunies ensemble et ont fourni entre mes mains un jet con-

(1) L'*Institut*, journal des sciences, 12 août 1857.

tinu d'étincelles de huit centimètres de longueur. Depuis lors les constructeurs d'appareils ont senti la nécessité de réaliser un isolement plus parfait, et aujourd'hui ils obtiennent, en distribuant le courant inducteur au moyen de l'interrupteur à mercure, des effets de plus en plus développés. Ainsi qu'on peut s'en assurer auprès de notre habile artiste M. Ruhmkorff, les étincelles acquièrent jusqu'à 20 centimètres de long et la tension devient telle qu'on perfore le verre sous une épaisseur de 8 à 10 millimètres en dirigeant la décharge sur une lame de glace placée entre les deux pôles.

» Voyant que l'interrupteur à mercure atteint réellement son but j'ai cru devoir y apporter un perfectionnement qui permet d'en tirer encore un meilleur parti.

« Lorsque l'interrupteur à mercure fonctionne, l'interruption du courant inducteur a lieu par le fait de l'émersion de la partie vibrante hors du mercure employé à fermer le circuit ; et comme l'émersion dure à peu près autant que l'immersion, il en résulte que la pile chargée de fournir le courant inducteur demeure inactive la moitié du temps. J'ai donc cherché à utiliser ce temps

perdu et j'y ai réussi en faisant de l'interrupteur un instrument à double effet.

» Dans la nouvelle position que je vais essayer de décrire, la pièce vibrante est disposée de manière à opérer alternativement la distribution par l'une et par l'autre extrémité; elle est donc terminée par deux crochets qui s'engagent de part et d'autre dans les godets à mercure. Cette pièce vibrante est horizontalement suspendue par une lame élastique qui lui permet d'osciller de part et d'autre de sa position d'équilibre à peu près comme un fléau de balance: chacun des bras porte un barreau de fer doux placé en regard d'un électro-aimant destiné à perpétuer le mouvement vibratoire.

» Par cette disposition les deux branches de l'interrupteur fonctionnent alternativement pour distribuer le même courant et tous les organes étant répétés en double l'appareil présente une symétrie parfaite.

» Pour mettre l'appareil en activité il faut verser du mercure dans les deux godets jusqu'à ce que la surface libre du liquide approche de très-près l'une et l'autre pointe de distribution ; on verse ensuite de l'alcool par dessus. Les communications étant établies il suffit d'incliner la pièce

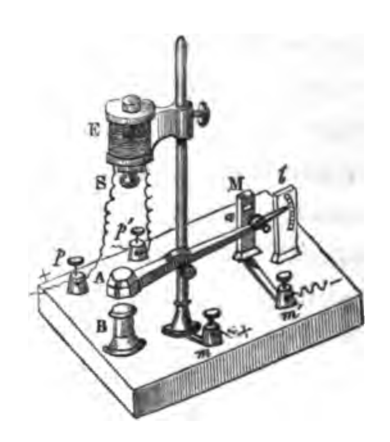
vibrante pour la faire plonger dans l'un des deux godets et pour établir un mouvement vibratoire qui se perpétue ensuite de lui-même.

» En tenant compte de la description qui vient d'être indiquée, on comprend aisément que chacune des branches de l'interrupteur à double effet agit, au service du même courant, comme agirait la branche unique d'un interrupteur simple, mais comme elles fonctionnent alternativement, elles suppriment réciproquement leurs temps perdus, et elles ne laissent le courant inducteur interrompu que pendant la durée du temps strictement nécessaire à la manifestation des phénomènes d'induction. Ausssi l'interrupteur à double effet donne-t-il dans l'unité de temps un nombre d'étincelles double de celui que fournit l'interrupteur simple sans qu'il en résulte un affaiblissement sensible dans l'intensité de chaque décharge considérée isolément. Les effets sont donc sensiblement doublés, ce qui motive la dénomination que je propose d'affecter au nouvel interrupteur. »

NOTE B.

Conjoncteur instantané.

On pourrait adopter pour *conjoncteur momentané* le petit appareil représenté par la figure ci-jointe.



Le jeu est facile à comprendre: On amène le

levier horizontal à une position déterminée par le *zéro* du limbe *b*. Alors la pointe d'une vis métallique se trouve au-dessous de la petite lame métallique *a*, qui est incrustée dans un montant d'ivoire et communique avec la presse *m'*.

Dans cette position, l'extrémité A du levier situé sous l'électro-aimant E ne touche pas le bloc B placé un peu au-dessous.

Quand le levier est ainsi disposé, le circuit aboutissant aux presses *m m'* est interrompu. Mais si l'on interrompt le circuit aboutissant aux presses *p p'* de l'électro-aimant E, l'aimantation cesse et une petite sphère ou un bloc en fer doux tombe sur l'extrémité A du levier qui vient toucher le bloc (1). Pendant ce mouvement, la vis, portée par l'autre extrémité, a passé sur l'élément métallique *a* et fermé ainsi momentanément le circuit inducteur aboutissant aux presses *mm'*.

Un ressort à boudin, dans lequel passe l'axe

(1) Si l'on employait une hélice dynamique au lieu d'un électro-aimant, l'interruption du circuit laisserait tomber sur A le cylindre de fer doux soutenu dans l'intérieur de la bobine pendant l'aimantation.

de rotation du levier, empêche ce dernier de se relever quand l'extrémité A s'est abaissée sur B.

L'emploi de ce petit appareil rendra constante la durée de la fermeture momentanée du circuit.

ESSAI D'UNE DESCRIPTION

DE

L'ARMEMENT RAYÉ

DE L'INFANTERIE EUROPÉENNE EN 1858.

Par GAUGLER DE GEMPEN,
Ancien officier de chasseurs à pied

AVANT-PROPOS.

Quelques mots sont nécessaires avant d'entrer en matière : j'établirai ainsi le but que je me propose en publiant cet essai.

En France, il existe peu d'ouvrages décrivant l'armement *actuel* de l'infanterie des diverses puissances européennes. On voit encore fréquemment attribuer à telle ou telle nation un armement depuis longtemps mis à la ferraille; c'est une erreur d'autant plus grave, qu'il n'y a pour ainsi dire aucune armée européenne qui n'ait adopté les armes rayées. Si l'on ren-

contre encore chez elles des fusils lisses, cela tient uniquement à ce que la fabrication des armes neuves ou la transformation des anciennes n'ont pas encore eu matériellement le temps de s'effectuer. Il est triste de voir que la France, qui a eu l'initiative du mouvement, a été la dernière à tâtonner avant de pouvoir se décider à mettre entre les mains de son infanterie une arme en rapport avec le progrès actuel.

Au contraire, toutes les autres puissances, cédant immédiatement à l'impulsion première partie de la France, l'ont rapidement dépassée. Une seule, l'Angleterre, était restée longtemps en arrière. L'opinion publique est maîtresse dans la Grande-Bretagne. Hostile à l'armée, elle l'avait laissée végéter; mais le réveil commença à s'opérer en 1851 : des craintes exagérées, relativement aux projets que l'on prêtait à une puissante voisine, puis enfin 1854 et ses rudes leçons, produisirent le revirement le plus complet, et les effets s'en firent promptement sentir. L'argent et le bon sens aidant,

copiant textuellement ce qui semblait bon à emprunter, perfectionnant ce qui laissait à désirer, les Anglais sont parvenus, en peu de mois, à créer une manufacture d'armes modèle, une école de tir marchant dans la trace des idées vraiment pratiques, et un excellent armement neuf et *exclusivement* rayé (1).

Tout cela passe assez inaperçu en France. Sans aucun doute, un grand nombre d'officiers sont parfaitement renseignés à cet égard; mais il n'en est pas moins vrai que si un officier d'infanterie veut se procurer ces mêmes renseignements, cela lui est assez difficile. Il y a là une lacune grave; je ne prétends pas la combler. Mais ayant rassemblé bon nombre de notes, puisées en grande partie dans les excellents ouvrages que publie continuellement l'Allemagne sur cette matière, ayant visité moi-même quelques-uns des établisse-

(1) Il faut être juste, l'incendie de la tour de Londres, en détruisant leur vénérable collection de « Brown Bess, » avait puissamment simplifié, pour nos voisins, la *transformation* de leur armement.

ments militaires étrangers les plus importants, j'ai pensé qu'en cousant, tant bien que mal, ces renseignements épars, ils pourraient être d'une certaine utilité pour quelque ancien camarade. Si cela a lieu, mon but sera rempli.

Je m'attacherai d'abord à faire un historique succint de la création de l'armement rayé en France, en prenant pour point de départ l'invention mère de M. Delvigne.

Je ferai plus rapidement l'historique de la création du nouvel armement anglais, digne d'intérêt aussi par la rapidité avec laquelle l'esprit pratique et exempt de préjugés a produit de bons résultats.

Je passerai ensuite à la description abrégée des systèmes rayés en usage dans les autres principales infanteries européennes.

Enfin, je terminerai par quelques considérations générales sur les écoles de tir et sur les manufactures d'armes.

G. de G.

CHAPITRE Ier.

Sommaire. — Origine des armes rayées. — La carabine dite de Versailles, modèle 1793. — Invention de M. Delvigne. — Différents modes de chargements des armes rayées, connus à l'époque de l'invention Delvigne. — Expériences de 1833-34. — Sabot Bruneel adapté par le colonel Pontcharra, au système Delvigne. — Influence de l'aplatissement des balles rondes sur la stabilité de l'axe de rotation. — Etude des éléments d'une arme rayée. — Etablissement de la petite et de la grosse carabine. — Expériences de 1840. — Carabine de munition; fusil de rempart, modèle 1840. — Adoption de la carabine et du fusil de rempart, modèles 1842.

Origine des armes rayées.

Nous n'avons pas à nous occuper ici de rechercher l'origine des premières armes rayées en usage. Comme toujours, en pareil cas, cette origine est

enveloppée d'un certain brouillard. Néanmoins, on reconnaît généralement que c'est à Gaspard Zollner, de Vienne (vers 1498) que revient l'honneur d'avoir établi les premières rayures : elles étaient parallèles à l'axe du canon; peu après, on reconnut plus avantageux de les faire inclinées régulièrement en spirale. Ici il y a plus d'incertitude : les uns attribuent cette invention à un nommé Koller de Nuremberg; d'autres veulent que la première idée appartienne à Danner de Nuremberg (en 1552), ou enfin à Kotter, mort dans cette ville en 1630. Ce qu'il y a de certain, c'est que les armes rayées étaient en usage en Allemagne vers le milieu du seizième siècle, et y conservèrent jusqu'au dix-neuvième siècle une faveur qu'elles furent loin d'obtenir en France. Connues dans ce pays sous le nom de *carabines*, dont l'étymologie a également soulevé de nombreuses discussions, elles n'obtinrent l'honneur d'un *modèle* qu'en 1793, où l'on construisit la carabine dite de Versailles. Au lieu de servir à l'armement de corps spéciaux comme cela se pratiquait dans presque toutes les puissances allemandes, et comme il semble qu'on en ait eu d'abord l'intention, elles furent mises entre les mains

des officiers et sous-officiers des compagnies de voltigeurs, dès la création de ces dernières.

La carabine dite de Versailles, modèle 1793.

Cette carabine avait d'abord été établie sans la participation des officiers d'artillerie, et ceux-ci eurent alors à fixer les limites entre lesquelles devaient être comprises les dimensions des différentes parties d'une arme construite avec fort peu d'uniformité. Le canon avait une longueur de 0 m. 6495 ; son épaisseur au tonnerre était de 0 m. 0079 ; à la bouche, de 0 m. 0066 ; il pesait 1 k. 632. Le canon, du calibre de 0 m. 01354, portait intérieurement 7 rayures en spirale au pas de 0 m. 67, également espacées l'une de l'autre, d'une profondeur pouvant varier de 0 m. 0006 à 0 m. 0008.

La carabine se chargeait en versant la charge de poudre comme dans le fusil ; on plaçait sur la bouche un *calepin* (morceau de peau ou d'étoffe coupé en rond et enduit d'une substance grasse, lequel doit envelopper la balle dans le canon) et la balle par dessus. On la forçait ensuite, à l'aide d'une baguette et d'un maillet, à descendre jusqu'à

la charge de poudre en prenant l'empreinte des rayures. La charge de poudre était de 4 grammes, et la balle, de 28 à la livre (17 gr. 5), avait un diamètre de 0 m. 0144. La crosse était plus pentée que dans les autres armes afin de faciliter le *viser*. Poids total de l'arme, 3 k. 45.

Cette arme fut fort peu goûtée. Son calibre différent, qui empêchait d'utiliser les cartouches ordinaires de la troupe, l'absence de baïonnette, la longueur de son chargement, sans supériorité bien marquée comme justesse, tout contribuait, dans la comparaison que le porteur de cette arme devait faire avec celle des voltigeurs qui tiraillaient à ses côtés, à lui faire peu apprécier l'avantage d'en être armé. Aussi la carabine fut-elle très-décriée ; on la conserva pourtant jusqu'en 1805 où elle fut supprimée.

Cet essai n'avait pas été très heureux, et on abandonna presque complétement en France l'idée d'employer des armes rayées. On reconnaissait du moins qu'il n'y avait aucun avantage à s'en servir tant qu'on ne serait pas parvenu à en rendre le chargement facile et rapide, ce que l'on n'admettait guère comme possible qu'en adoptant un mode de chargement par la culasse. Les nombreux incon-

vénients que l'on reconnaissait aux systèmes de ce dernier ordre, ne permettaient pas de s'arrêter à ce moyen, et on en serait peut-être encore là sans un officier de l'ancienne garde royale, M. Delvigne. La gloire de tout ce qui a été fait depuis l'époque où il est entré en ligne peut et doit lui être rapportée, car c'est du moment où il a prouvé que le chargement d'une carabine pouvait se faire avec *facilité* par la bouche, que toutes les idées sont devenues favorables aux armes rayées. A partir de ce premier succès, tous ont cherché, quelques-uns ont trouvé de belles et bonnes choses ; mais, sans cette nouvelle voie ouverte, peut-être en serait-on, je le répète, à se regarder ou à se complaire dans quelque système à ceinture ou à section *polygonale*.

Invention de M. Delvigne.

Le système Delvigne était loin d'être parfait, mais il a ouvert le sillon dans lequel s'est précipitée l'Europe entière. Il est triste d'avoir à dire que c'est hors de France que son nom est le mieux et le plus solidement attaché à la création du nouvel armement, de l'armement rayé, dont la supériorité est aujourd'hui si incontestablement prouvée.

C'est en 1827 que M. Delvigne, alors sous-lieutenant au 2e régiment d'infanterie de la garde royale, proposa un système complétement différent de ce qui avait été fait jusqu'à ce jour. Rétrécissant le calibre de l'arme à l'endroit destiné à recevoir la charge, il ménageait ainsi, dans le tonnerre, une chambre appelée à contenir la poudre (voir fig. 1. Pl. I.); cette chambre se raccordait avec le reste de l'âme par un ressaut sur lequel venait reposer la balle; cette dernière, d'un calibre un peu moindre que celui du canon, venait tomber librement sur ce ressaut; trois coups de baguette la déterminaient alors, par suite de la grande malléabilité du plomb, à combler les interstices des rayures, et un forcement facile et rapide était dès lors obtenu.

Comme toutes les idées vraiment bonnes, c'était fort simple... une fois trouvé; néanmoins les premières ouvertures furent assez peu favorablement écoutées pour forcer l'inventeur à se jeter dans la voie d'une polémique assez vive, et qui eut fort heureusement pour conséquence de forcer l'attention à se porter très-sérieusement sur son système.

Les différents modes de chargements des armes rayées, connus à l'époque de l'invention Delvigne.

Jusqu'à cette époque on ne connaissait que quatre modes de chargement pour les armes rayées.

Le premier consistait dans l'emploi d'une balle d'un calibre plus fort que celui de l'arme; soit qu'elle fût libre ou enveloppée d'un *calepin*, elle était forcée, à l'aide d'un maillet, de pénétrer dans le canon et dans ses rayures, et de venir reposer sur la poudre. Ce mode de chargement avait pour principal inconvénient son extrême lenteur.

Le deuxième était le chargement par la culasse. Avantageux parce qu'il se prêtait à toutes les combinaisons et par sa rapidité, ce procédé avait pour inconvénient les fuites de gaz.

Le troisième moyen consistait dans l'emploi d'un projectile d'un calibre moindre que celui de l'âme, et enveloppé d'un calepin graissé qui pénétrait dans les rayures. Il péchait par l'absence de certitude et de régularité.

Le quatrième enfin consistait à ménager dans l'arme une section pareille à celle du projectile. Ce

moyen est fort ancien puisqu'il existe au musée d'artillerie une carabine ayant appartenu à Louis XIII, et dont la section de l'âme, normalement à l'axe, est un trèfle. Néanmoins, il a été tout récemment exhumé en Angleterre, où M. Whitworth a proposé une carabine à section pentagonale et, si je ne me trompe, une bouche à feu du même genre. La difficulté de construction suffirait seule à faire rejeter ce système vicieux de tous points (1).

On voit donc que la prévention seule pouvait contester à M. Delvigne la supériorité, dès sa première proposition, et malgré les inconvénients qu'elle pouvait présenter ; il n'y avait qu'à s'étudier à atténuer ou à prévenir ces derniers à l'aide

(1) Il y avait bien un cinquième mode de chargement dû (vers 1822) au capitaine Brunswickois Berner ; sa carabine avait deux rayures, et la balle portait un renflement circulaire destiné à s'engager dans les rayures. De tous temps aussi, en Allemagne, quelques chasseurs avaient déjà employé des canons ovalisés ; nous en reparlerons en nous occupant des armes anglaises et allemandes, et d'ailleurs ce moyen rentre complétement dans le quatrième. Il est curieux de voir le bruit causé par l'armement proposé tout récemment, en Angleterre, par M. Lancaster, et qui, somme toute, est absolument, sauf la progression de sa rayure, le système Berner, ou, comme le dit le colonel Jacob, le système à ceinture déguisé.

de patientes recherches. La commission consultée par le ministre à l'effet de savoir si l'arme de l'inventeur était susceptible de satisfaire à un service de guerre, trouva plus simple de rendre un verdict négatif.

Cette décision beaucoup trop absolue reposait sur les reproches suivants. Il y avait déformation du projectile ; en effet sa partie antérieure s'aplatissait sous le choc de la baguette ; M. Delvigne, il est vrai, employait une baguette à tête concave arrondie, la concavité ayant 2 millimètres de profondeur, mais cela ne parait nullement à l'inconvénient de la pénétration dans la chambre, sous le choc de la baguette, d'une partie de la balle (Voir fig. 1. Pl. I.). Ceci était grave en ce que le plomb trouvant ainsi une issue autre que les interstices des rayures, s'engageait imparfaitement dans ces dernières ; de là, un forcement incomplet. Le vent étant peu considérable, l'encrassement ajoutait à cet inconvénient, et après quelques coups, l'arme perdait de la grande justesse qu'elle avait au moment où le feu commençait. On lui reprochait de plus son défaut de portée. Ces considérations résultaient des expériences faites à Saint-Omer en 1828, à Vincennes en 1829.

Expériences de 1833-34.

Les réclamations de M. Delvigne eurent pour résultat de décider de nouvelles expériences en 1833 et 1834. Elles furent confiées au colonel d'artillerie Pontcharra, inspecteur des manufactures d'armes, et avaient pour but l'établissement d'un fusil de rempart rayé, en prenant pour base le système Delvigne.

Déjà en 1828 l'artillerie en avait fait établir un. Cette arme ayant subi quelques modifications, était devenue le fusil de rempart modèle 1831 ; il se chargeait par la culasse (voir fig. 2. Pl. I.), était très-lourd, très-incommode, et donnait de fort piètres résultats. On l'avait employé sans trop de mécomptes au siége d'Alger, mais on en fut beaucoup moins satisfait à celui d'Anvers. Il était urgent de chercher mieux ; en même temps il y avait lieu de déterminer les éléments de la construction d'une carabine à mettre entre les mains de tirailleurs spéciaux.

Tableau des données principales du fusil de rempart, modèle 1831.

Calibre de la balle	0m022,5
Id. de l'arme	0m021,8
Nombre des rayures	12
Inclinaison des rayures *	1 1/2 tour dans la long. de l'arme.
Longueur du canon, tonnerre non compris	1m19
Id. du tonnerre mobile	0m11
Poids de la charge	8gr
Id. de la balle (sphérique)	47gr5

* L'inclinaison augmente du tonnerre à la bouche. — Platine à percussion. — Le fusil de rempart modèle 1831 se tire sur pivot.

De là les expériences faites à Vincennes. Ce furent les premières où l'on ait sérieusement étudié les divers éléments qu'il faut considérer en vue de l'établissement d'une arme rayée. Ils consistent dans le *mode de forcement*, le *calibre du canon*, la *longueur* de ce dernier, l'*inclinaison des rayures*, le *sens des rayures*, leur *nombre*, leur *forme*, leur *profondeur*, la *cartouche*, la *charge de poudre*, le *calibre de la balle*, sa *forme*, son *poids*.

Avant de passer à cette étude, il est intéressant d'examiner le tableau suivant, qui fera connaître les règles qui dominaient autrefois dans la fabrication des armes rayées. Il reproduit les données essentielles des 343 armes rayées anciennes, à mè-

che, à rouet, à silex, etc., qui font partie de la collection du musée d'artillerie de Paris.

Données principales des 343 anciennes armes rayées, à mèche, à rouet, etc., du Musée de Saint-Thomas-d'Aquin, à Paris.			NOMBRE d'armes.
Du calibre de		17mm5 et au-dessous	311
		17mm5 et au-dessus	32
D'une longueur de canon de		0m50 et au-dessous	40
		0m50 à 1 mètre	267
		au-dessus de 1 mètre	36
Rayures	droites		19
	inclinées		324
	inclinées	régulièrement	131
		plus fortement au tonnerre	81
		» au milieu	83
		» à la bouche	29
Inclinaison des rayures		1/2 tour et au-dessous	67
		1/2 tour à 1 tour	219
		1 tour à 2 tours	55
		au-dessus de 2 tours	2
Nombre des rayures		en nombre pair	226
		en nombre impair	117
		de 2 à 6	79
		de 7 à 12	232
		au delà de 12	32
Forme des rayures		arrondies	275
		triangulaires	33
		rectangulaires	9
		non définies	26
Largeur des rayures		de 3mm et au-dessous	296
		au delà de 3mm	47
Profondeur des rayures		de 0mm5 et au-dessous	150
		de 0mm5 à 1mm	179
		au-dessus de 1mm	14

Sabot Bruneel, adapté par le colonel Pontcharra au système Delvigne.

Il s'agissait donc d'abord de parer à l'inconvénient de l'introduction d'une partie de la balle dans la chambre. A cet effet, M. le colonel Pontcharra proposa de faire reposer la balle sur un sabot en bois, qu'il empruntait à la cartouche du système percutant, proposé en 1828 par Bruneel, armurier de Lyon. Ce sabot était muni, à sa partie inférieure, d'un *calepin* graissé, en serge, fixé par une pointe de Paris (voir fig. 3, Pl. I.). Cette innovation permit de supprimer la *fraisure* pratiquée jusqu'alors aux bords supérieurs de la chambre, la balle trouvant maintenant son assiette sur le sabot. On obtint de la sorte une amélioration sensible, en diminuant en outre l'encrassement, ou du moins en atténuant, par la *lubrification* du canon après chaque coup, ses mauvais effets.

Influence de l'aplatissement des balles rondes sur la stabilité de l'axe de rotation.

Quant à l'aplatissement que subissait la balle sous le choc de la baguette, il fut reconnu qu'il

était plutôt avantageux que nuisible. En effet, on conclut des expériences qu'il fallait chercher à placer l'axe de rotation de la balle dans le plan de tir ; mais les influences extérieures modifiant constamment sa position, il est urgent d'établir des conditions de stabilité. Or, pratique et théorie à la fois, établissent que les balles sphériques aplaties prennent leur mouvement de rotation autour de leur plus petit axe, correspondant à celui du canon. Une expérience fort simple, la torsion d'un fil, portant un disque ou une tige cylindrique, montre le relèvement du mouvement de rotation et le changement d'axe.

Comme vérification du principe, il n'y a qu'à considérer les résultats suivants d'un tir opéré à 150 mètres :

Calibre du canon.	Diamètre et forme des balles avant le forcement.	Nombre de coups tirés.	Nombre des coups qui ont porté dans un but carré ayant pour côté			
			2m	1m	0m66	0m33
16mm9	Sphérique. Calibre.. 16mm3 Poids. 25gr.	100	99	76	49	18
	Ovale. {Petit axe... 16 3 / Grand axe. 21 4} Poids, 29gr.	100	84	41	21	9
	Ovale. {Petit axe... 10 3 / Grand axe. 19 4} Poids, 31gr.	100	70	34	18	8

Dans le tir qui a fourni ces résultats, la balle sphérique a tourné autour de son plus petit axe, les autres ont tourné autour d'un axe plus grand que le plus petit diamètre; mais l'axe de rotation de la deuxième balle a eté plus grand que pour la troisième, et pourtant la justesse a été plus grande. On en conclut que pour des projectiles différents, la plus grande justesse n'appartient pas nécessairement à celui qui a le plus petit axe de rotation, si cet axe n'est pas celui de la plus grande stabilité.

La connaissance de ce fait n'a été due qu'à l'expérience seule.

Étude des éléments d'une arme rayée.

Dans les armes rayées comme dans les armes lisses, la charge se détermine d'après les conditions de justesse, de portée et de pénétration; mais elle se détermine plus facilement que chez les dernières, parce que, tout d'abord, on peut essayer des charges moindres, puisque le forcement permet aux gaz d'acquérir une plus forte tension et de produire plus d'effet dans le même temps. Le mouvement de rotation étant dépendant du mou-

vement de translation et de l'inclinaison des rayures, il s'en suit qu'on ne peut faire varier que fort peu la charge qui a été reconnue la meilleure; car, si on l'augmentait d'une trop grande quantité, la balle pourrait se déchirer dans les rayures par suite de la trop grande vitesse imprimée ; si on la diminuait beaucoup, le mouvement de rotation deviendrait trop faible et la justesse serait amoindrie.

C'est ce que confirme le tableau suivant des expériences faites pour la détermination de la charge.

ARME.	POIDS de la balle.	CANON.		RAYURES.		CHARGES essayées.	Pr 0/0 sur un but de 2m de haut. sur 3 de larg.		
		Calibre.	Long.	Nombre.	Pas.		à 100m.	à 150m.	à 200m.
Fusil de rempart.	45gr5	20mm5	0m920	6	8m120	3gr	88	28	48
»	»	»	»	»	»	4	88	80	72
»	»	»	»	»	»	5	96	82	60
»	»	»	»	»	»	6	100	88	78
Carabine.	25gr6	16mm82	0m812	6	0m226	2gr	100	76	32
»	»	»	»	»	»	3	94	90	68
»	»	»	»	»	»	4	100	98	94

Le poids de 4 grammes pour charge ne fut pas dépassé pour carabine, parce qu'on remarqua qu'avec une très-faible augmentation de charge la justesse diminuait.

La longueur du canon a une relation évidente avec la portée et la justesse de l'arme. Dans les armes rayées ces deux conditions sont liées d'une manière très-intime, et il y a lieu de les examiner simultanément, toute cause favorable ou défavorable à l'une l'étant également pour l'autre. Comme nous le disions donc, la longueur du canon influe sur toutes deux : en effet, si la balle est encore dans le canon quand l'inflammation de la poudre est complète, et que l'action accélératrice sur la balle ait en conséquence cessé, tout frottement n'est plus qu'une cause de diminution, de vitesse, et par suite, de justesse et de portée.

Pour déterminer la meilleure longueur, on a commencé par essayer des canons assez longs, puis, successivement on les rognait pour procéder à de nouvelles expériences. On essayait en même temps des rayures en nombres différents. Ainsi la première carabine de Delvigne avait 12 rayures (voir fig. 4, Pl. I.). On essaya en regard un canon à 6 rayures. Le tableau suivant donne les résultats obtenus.

Longueur des canons	Pour 0/0 avec des canons.	
	à 6 rayures.	à 12 rayures.
1m . . . 08	N'a pas été tiré.	84
0. . . . 92	92	88
0. . . . 76	96	96
0. . . . 65	84	82
0. . . . 49	78	72

Le maximum de justesse fut donc obtenu avec un canon de 0 m. 76 de longueur. On reconnut également que la diminution de longueur dans ces limites donnait une diminution de hausse, ou en d'autres termes, une augmentation de portée.

Mais la partie la plus importante des expériences de 1833 et 1834, est la détermination de l'inclinaison des rayures, de l'influence de leur forme, de leur nombre, de leur largeur, de leur profondeur.

Les expériences de 1828 pour la détermination du fusil de rempart qui fut le modèle 1831, étaient restées sans conclusion à cet égard ; on eut donc à étudier les relations de la charge avec les rayures. On fit varier l'inclinaison de ces dernières de 1 tour à 1 1/2 tour pour une longueur de canon de

0 m. 812 (pour la carabine), et on tira les charges de 1 à 6 grammes.

Dans ces limites on reconnut que les rayures laissaient leurs empreintes sur les balles, tandis qu'avec une augmentation d'inclinaison il fallait diminuer la charge de poudre.

On trancha une autre question : la rayure du modèle 1831 était parabolique ou à inclinaison variée, c'est-à-dire que l'inclinaison allait en augmentant du tonnerre à la bouche, d'après ce principe qu'il fallait une augmentation de forcement pour maintenir le mouvement uniforme avec l'accélération de vitesse. La commission d'expériences trouva que les rayures régulières ou en hélice étaient préférables, soit à celles dont nous venons de parler, soit à celles établies d'après le principe contraire, c'est-à-dire diminution d'inclinaison du tonnerre à la bouche, d'après la théorie opposée qui voudrait par là régulariser le mouvement, la déflagration ayant eu lieu en entier.

Quant aux inclinaisons essayées, on vit que celles de 1/5 et 1/10 de tour donnaient de bons résultats, mais que, les considérant comme limites, on trouvait peu de différence en employant des pas intermédiaires. Dans ce cas, on trouvait

également peu de variations dans les hausses, ou autrement dans les portées; toujours est-il que la Commission adopta 1/7 de tour.

L'examen du nombre des rayures démontra qu'il y avait avantage à le diminuer; trop nombreuses, il y avait augmentation de frottement et diminution de portée. Sous l'influence des idées anciennes on n'osa pas expérimenter au-dessous de six rayures, et on adopta ce dernier chiffre. Le tableau ci-après donne les résultats des expériences faites relativement à l'inclinaison et au nombre des rayures.

Longueur du canon 0,92.	P^r 0/0 sur un but carré ayant p^r côté		
	2 mètres.	1 mètre.	0m25
Canon { 6 rayures. . .	92 4	56.9	8.9
Canon { 8 rayures. . .	90	54.4	9.3

La Commission adopta le nombre 6.

Comme forme, on adopta les rayures arrondies, les rayures angulaires laissant filer les gaz et ne laissant pas le canepin jouer son rôle aussi complétement qu'il le fallait.

Des considérations du même genre limitèrent la

profondeur des rayures, qui fut de 0 mm. 5 pour le fusil de rempart et 0 mm. 3 pour la carabine.

La largeur des rayures fut déterminée par la crainte d'augmenter le frottement : on voulait alors plus de vides que de pleins, et on se prononça en faveur des largeurs de 0 m. 00226 pour la carabine et 0 m. 0028 pour le fusil de rempart.

La petite et la grosse carabine.

L'ensemble de ces expériences conduisit à l'établissement de deux armes connues sous le nom de petite et de grosse carabine. Ces armes furent mises en essai entre les mains du bataillon de tirailleurs de Vincennes qui fut formé en 1839. La petite carabine fut donnée aux chasseurs, et la grosse à la compagnie d'élite, dite de carabiniers. Le bataillon avait 4 compagnies en Afrique, 2 à Vincennes ; l'expérimentation pratique pouvait donc marcher de front au polygone et devant l'ennemi. Les résultats ne furent pas satisfaisants. La charge de 4 grammes n'était pas jugée suffisante. On se plaignait du peu de portée de la petite carabine, du trop grand poids de la grosse ; ce qui n'empêchait pas que, malgré cette différence de

lourdeur, la grosse carabine d'un homme tué était aussitôt saisie et échangée par ceux qui en avaient de petites.

Expériences de 1840.

Carabines de munition. — Fusil de rempart, modèle 1840.

Il était évident que ces armes ne satisfaisaient pas encore à ce que l'on attendait. Aussi M. le duc d'Orléans, qui s'occupait activement de l'organisation des 10 bataillons de chasseurs (créés le 28 septembre 1840), donna-t-il l'ordre au capitaine d'artillerie Thierry, officier d'ordonnance du roi Louis-Philippe, de déterminer un modèle propre à armer convenablement ce nouveau corps. Les études furent donc reprises à la fin de 1840. La grosse carabine, trouvée trop pesante, fut allégée de 1 kilogramme, et devint le fusil de rempart modèle 1840; tandis que la petite, complétement modifiée par le capitaine Thierry, devint la carabine de munition. L'inclinaison des rayures resta la même; mais, pour la carabine de munition, leur nombre fut réduit à 4, leur largeur portée de 2 mm 6 à 7 mm.

La charge de poudre fut portée à 6 gr. 25 pour

les deux nouvelles armes, au lieu de 4 que comportait la petite carabine et 6 qui était la charge fixée pour la grosse.

Ces armes furent remises aux 10 bataillons formés à Saint-Omer. Quelques bataillons furent envoyés en Algérie, et on y attacha des officiers d'artillerie ayant mission d'observer les résultats qu'on en obtiendrait.

Adoption de la carabine et du fusil de rempart, modèle 1842.

C'est par suite de ces observations que l'on décida successivement quelques modifications qui amenèrent l'établissement de la carabine modèle 1842 (voir fig. 5, Pl. I.) et du fusil de rempart même modèle. Ce dernier fut, comme l'avait été la grosse carabine, mis entre les mains des compagnies d'élite des bataillons de chasseurs.

Le fusil de rempart, modèle 1842 (voir fig. 6, Pl. I.), portait une plaque de couche cintrée à bec allongé, dont le but était de maintenir l'arme plus facilement en joue.

Les deux armes étaient munies du sabre-baïonnette, modèle 1842 (voir fig. 7, Pl. I.).

Elles portaient une hausse fixe, puis une hausse mobile composée d'une planche percée de trous pour diriger le rayon visuel aux différentes distances.

TABLEAU DES DONNÉES PRINCIPALES des carabines et fusils de rempart, m^les 1840 et 1842.		Carabine de munition.	Carabine, modèle 1842.	Fusil de rempart, modèle 1840.	Fusil de rempart, modèle 1842.
Calibre...	de la balle.........	0m016,3	0m017	0m020	0m020
	de l'âme...........	0,017,4	0,017,5	7,020,5	0,020,5
	de la chambre......	0,013,5	0,013,5	0,014,5	0,014,5
Rayures..	Nombre............	4	4	6	6
	Largeur (uniforme)..	0m007	0m007	0m003	0m003
	Profondeur (unif.)...	0,005	0,005	0,005	0,003
Pas des rayures (en hélice)......		6,226	6,226	8,120	8,120
Longueur	du canon, de la tranche de la bouche à la bouche du tonnerre.	0.760	0,810	0,810	0,810
	de la chambre.	0,062	0,052	0,044	0,044
	totale de l'arme sans sabre-baïonnette....	1,260	1,274	1,271	0,271
	Id. avec sabre-baïonn.	»	1,847	»	1,844
Poids.....	de l'arme.	4k616	4k603	5k207	4k927
	Id. avec baïonnette..	5,394	5,355	»	[illegible]
	de la charge de poudre.	6gr25	6gr25	6gr25	6gr25
	de la balle.	25,6	3,03	45,5	45,5

Les principaux vices inhérents au système 1842 étaient :

1° La difficulté de construction résultant de la chambre.

2° La complication de la cartouche augmentée par le sabot et le calepin ; elle se détériorait beau-

coup plus facilement que la cartouche ordinaire de l'infanterie.

3° Il arrivait assez fréquemment que le sabot se brisait dans le chargement.

Néanmoins, ces armes furent employées utilement en Algérie, et ne donnaient lieu qu'à quelques plaintes de détail lorsque l'invention de la tige et l'emploi des projectiles cylindro-coniques vinrent leur porter le coup mortel.

Nous suivrons dans le prochain chapitre les expériences qui amenèrent l'établissement de la carabine modèle 1846.

CHAPITRE II.

SOMMAIRE. — Invention de la tige, par le colonel d'artillerie Thouvenin. — Carabine proposée; balle primitive. — Expériences de 1845-46. — Etudes des relations de la tige avec la charge. — Relations entre la charge et le pas des rayures. — Détermination de la charge, du pas et du sens des rayures. — Etude du projectile. — Théorie du capitaine Tamisier sur l'influence des cannelures. — Détermination du nombre et de la profondeur des rayures. — Rayure progressive. — Etablissement de la carabine à tige, modèle 1846. — La dérivation. — Expériences, de 1849-50, sur le fusil rayé à tige. — Adoption, pour les zouaves, du fusil rayé à tige.

Invention de la tige, par le colonel d'artillerie Thouvenin.

Le colonel d'artillerie Thouvenin, frappé des inconvénients que présentait la chambre, imagina, vers 1841-1842, de visser, dans une culasse ordinaire, un petit cylindre en acier ayant son axe commun à celui de l'arme; la poudre, en tombant

dans le canon, se disposait autour de cette tige, qui maintenait la balle dans sa chute ; le choc de la baguette dilatait régulièrement cette dernière et le forcement était obtenu. M. Thouvenin se proposait de remplacer ainsi la chambre, mais en conservant la balle sphérique ; il obtenait déjà ainsi la suppression du sabot ; le calepin se trouvait remplacé par le suiffage du papier enveloppant la balle. Cet officier eut l'heureuse idée de s'adjoindre, dans ces recherches, M. Tamisier, capitaine d'artillerie, et M. Minié, lieutenant aux chasseurs à pied, qui lui suggérèrent l'emploi de projectiles oblongs.

Cette idée n'était pas nouvelle : elle remonte presque à l'origine des armes à feu. Sans s'égarer à la poursuite de dates parfois fort douteuses, il est certain que Robins fit, vers 1756, en Angleterre, des expériences nombreuses sur des balles elliptiques ou plutôt ovoïdes. On possède, à l'école de tir de Hythe, dans l'intéressante collection de projectiles due aux soins des colonels Hay et Wilford, des échantillons des projectiles essayés alors.

A peu près à la même époque, en 1770, on fit en France, à La Fère et à Metz, des essais avec des balles allongées. En 1779, à La Fère, on tire des

projectiles cylindriques avec concavité à la partie postérieure.

Expériences du même genre à Paris, de 1793 à 1781 ; en 1800, notamment, on expérimente un projectile cylindrique à surface antérieure convexe. En 1815, la Russie essaye des projectiles elliptiques en fer. En 1825 et 1826, le capitaine Norton expérimente avec succès, en Angleterre, des balles explosives et oblongues. En 1829, on fait en Russie quelques essais avec des balles elliptiques avec cavité postérieure.

A la même époque, Delvigne propose un projectile explosif de forme cylindro-conique. Il obtint même que ces projectiles fussent essayés au siége d'Alger sur une assez grande échelle ; malheureusement, leur effet le plus utile, c'est-à-dire l'explosion des caissons de l'ennemi, ne put se produire contre les Arabes, et l'on n'attribua pas à ces essais l'importance qu'ils méritaient. En 1835, en Angleterre, balle elliptique de Greener se forçant par expansion. En 1838 et 1841, le capitaine Thierry et un autre officier d'artillerie, M. De Blois, proposèrent en France des balles cylindro-sphériques (voir fig. 8. Pl. II). Elles présentaient une cavité

destinée, d'après la disposition particulière de leur cartouche, à contenir l'amorce.

En même temps, M. Delvigne, qui n'avait cessé de préconiser l'emploi de projectiles oblongs, faisait ressortir que l'évidement de la partie postérieure de la balle devait influer favorablement sur le forcement (voir fig. 9. Pl. II).

La carabine proposée. — La balle primitive.

Il était donc naturel de songer à expérimenter, avec un projectile allongé, le nouveau procédé du colonel Thouvenin. M. Minié proposa un modèle de balle, et ces messieurs, après d'assez longues recherches, se trouvèrent, en 1844, en mesure de présenter à l'examen d'une commission spéciale nommée par le ministre de la guerre, une carabine dont les données principales sont les suivantes : Canon de 0 m. 86 de longueur ; calibre de 17 mm. 5 ; pas des rayures de 1 m. 337 ; nombre des rayures, 4 ; profondeur uniforme des rayures, 0 mm. 5 ; largeur des rayures, 7 mm. ; forme des rayures, arrondie ; tige cylindrique en acier, dont la partie filetée, vissée dans la culasse, avait 10 mm. ; diamètre de la tige, 8 mm. 5 ; hauteur de la tige, au

[redacted]

dessus du fond de l'arme, 38 mm.; la balle du calibre de 17 mm. 2, n'ayant donc que 0 mm. 3 de vent, pesait 47 gr. 7; elle était de forme cylindro-ogivale, ou plus exactement *tron-cono-ogivale*, et portait, au milieu de la partie postérieure, une gorge, à l'imitation des cannelures de la balle employée alors par M. Delvigne; cette gorge servait à l'enroulement d'un fil de laine graissée, remplissant le rôle de calepin et faisant ligature à la cartouche. La charge était de 4 gr. 20. La baguette était à tête cylindrique à évidement conique de 12 mm. de profondeur.

La carabine des inventeurs (dite carabine à tige) donna de suite, dans sa comparaison avec le fusil de rempart 1840, de très-beaux résultats comme justesse et comme pénétration. Voir les deux tableaux suivants :

LONGUEUR du but de 2 mètres de hauteur.	DÉSIGNATION des armes.	NOMBRE DE BALLES qui, sur 100 coups, ont atteint le but aux distances de :									
		400m.	500m.	600m.	700m.	800m.	900m.	1000m.	1100m.	1200m.	1300m.
2 mètres....	Fusil de rempart.........	29,0	11,5	6,0	3,0	»	»	»	»	»	»
	Carabine à tige...........	56,0	45,0	26,0	13,0	21,0	17,0	9,0	16,0	2,0	»
4 mètres....	Fusil de rempart.........	43,0	20,5	11,0	3,0	»	»	»	»	»	»
	Carabine à tige...........	81,0	62,5	42,3	26,0	30,0	27,0	16,0	23,0	7,0	3,0
6 mètres....	Fusil de rempart.........	»	»	»	4,0	»	35,0	»	»	»	»
	Carabine à tige...........	»	»	»	31,0	33,0	»	»	»	»	»
10 mètres. ...	Carabine à tige...........	»	»	»	»	»	»	30,0	32,0	12,0	8,0
Déviation à droite du coup moyen avec balles allongées..........................		»	0m84	1m50	2m98	3m50	»	»	»	»	»

TBLEAU indiquant la pénétration comparée du fusil de rempart, modèle 1840 (balle sphérique), et de la carabine à tige (balle cylindro-ogivale), dans des panneaux de bois de peuplier, de 22mm d'épaisseur, placés sur plusieurs rangs parallèles, à 50 cent. de distance.

300 coups tirés par arme, à 600m. de distance,
sur un but de 2 mètres de hauteur et 4 mètres de largeur.

		CARABINE A TIGE.					FUSIL DE REMPART.				
Rang des panneaux		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Nombre de balles	traversées	124	109	89	73	33	10	»	»	»	»
	logées	3	5	4	3	2	2	2	»	»	»
	empreintes	»	6	12	13	34	21	6	»	»	»
Nombre de balles ayant touché le but		127					33				
Le 0/0 est de		42,3					11,0				

Nota. — A 1300m, les balles cylindro-ogivales traversent encore 2 panneaux et font empreinte sur un 3e.

Expériences de 1845-46.

Ces premiers résultats déjà si concluants donnèrent lieu, pendant les années 1845 et 1846, à de nouvelles et intéressantes expériences ; un nouvel agent, la tige, s'était produit, et il y avait urgence à déterminer ses relations avec les autres éléments.

Dès l'abord la commission rechercha ceux qu'elle pouvait déterminer, à priori, par des conditions de service. Elle en trouva trois : 1° *le calibre*, qu'elle augmenta de 0 mm. 3, le portant ainsi à 17 mm. 8, afin que, dans le cas où l'on vînt à manquer de cartouches spéciales, on pût utiliser celles de l'infanterie de ligne ; 2° *la longueur du canon ;* on s'arrêta à celle de la carabine proposée, 0 m. 86, bien que la longueur de 0 m. 76 fût préférable comme justesse de tir, pour ne pas affaiblir l'effet de l'arme comme arme de *Hast;* enfin, quant à la *tige*, de ses deux dimensions, hauteur et diamètre, la première devait être fixée par l'expérience, mais la deuxième pouvait l'être par des considérations de solidité, et aussi par la nécessité de laisser entre la tige et les parois du canon un espace suffisant pour loger la charge de poudre, et pour permettre d'atteindre et d'enlever l'encrassement qui se produirait autour; elle fut portée de 8 mm. 5 à 9 mm.

Étude des relations de la tige avec la charge.

Les études commencèrent ensuite par la re-

cherche de la meilleure hauteur à donner à la tige, pour une charge donnée.

Pour cela on vissa successivement dans la culasse des armes d'expériences, des tiges de différentes hauteurs, et on tira avec chacune les charges de 3 gr., 3 gr. 50, 4 gr., 4 gr. 50 et 5 gr., supposant, d'après les différentes études antérieures sur les armes rayées, que la meilleure charge serait comprise dans ces limites.

Les expériences furent faites sur affut, à 600 m. et sur une cible carrée de 4 m. de côté. Afin de bourrer d'une manière uniforme, on se servit toujours de la même baguette lourde, qu'on laissait tomber 4 fois sur la balle, d'une même hauteur déterminée. La fraisure conique de la baguette avait une hauteur de 12 mm. Pour chaque longueur de tige on tira 20 coups. Voici les résultats obtenus en fonction des écarts absolus moyens.

LONGUEUR de la tige.	Résultats d'expérience. Écarts absolus moyens, correspondant aux charges de :					Résultats rectifiés. Écarts absolus moyens, correspondant aux charges de :					Résultats d'expérience. Hausse de 600m., correspondant aux charges de :				
	3gr0	3gr5	4gr0	4gr5	5gr0	3gr0	3gr5	4gr0	4gr5	5gr0	3gr0	3gr5	4gr0	4gr5	5gr0
mm.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
60	1.64	1.27	1.36	0.98	0.74	1.64	1.27	1.12	0.98	0.74	70.0	53.8	43.1	41.2	39.0
50	1.56	1.33	1.07	0.98	1.01	1.56	1.24	1.04	0.98	1.04	58.5	48.8	42.1	41.0	36.2
45	1.32	1.21	0.90	0.99	1.61	1.32	1.27	0.99	0.98	1.30	57.1	47.0	43.0	41.0	38.2
40	1.17	1.36	1.00	1.12	2.21	1.17	1.30	0.92	0.89	1.70	56.2	46.6	44.1	39.6	36.6
37	1.26	1.28	0.89	0.88	2.04	1.12	1.28	0.91	0.88	2.04	55.0	46.2	42.0	39.5	36.0
34	1.10	1.28	0.98	0.94	»	1.10	1.26	0.98	0 94	»	55.0	42.8	40.6	38.5	»
31	1.36	1.67	1.28	»	»	1.36	1.19	1.28	»	»	53.0	45.2	44.3	»	»
28	1.81	1.05	»	»	»	1.84	1.15	»	»	»	51.7	43.9	»	»	»
25	1.88	»	»	»	»	1.88	»	»	»	»	50.3	»	»	»	»

[redacted]

Ces expériences avaient employé quelques semaines ; il fallait donc tenir compte des variations atmosphériques et procéder à une correction des résultats obtenus. Le tableau précédent fait voir que cette correction n'apporte aucune modification aux conséquences à déduire. On voit d'abord que les écarts les plus grands correspondent aux charges extrêmes de 3 gr. et de 5 gr. On voit ensuite que les écarts sont en général, indépendamment de la longueur de tige employée, moindres pour les charges de 4 gr. et de 4 gr. 50 ; que de plus, cette dernière donne des résultats supérieurs à toutes les autres. Il était donc présumable que c'était entre elles deux que se trouvait la meilleure de toutes ; mais avant de la déterminer, il fallait connaître les relations de la charge avec l'inclinaison des rayures, relations qui devaient faire l'objet d'un examen ultérieur.

Le tableau précédent fait encore ressortir quelques particularités intéressantes. On remarquera que pour la charge de 3 gr., par exemple, la justesse croît, à mesure que l'on diminue la tige, jusqu'à 34 mm. A partir de cette limite, la justesse, au contraire, décroît en même temps que la longueur de tige diminue. Pour la charge de 5 gr.,

la justesse décroît en même temps que la tige. On voit donc que chaque longueur de tige comporte une charge correspondante pour avoir le maximum de justesse.

Dans les limites où l'on s'était renfermé (25 mm. de tige était le minimum, ne permettant pas l'introduction d'une charge de plus de 3 gr.), on trouva que pour obtenir le maximum de justesse, il fallait :

Avec une charge de	5 gr.,	une longueur de tige de	42mm 2
—	4 . 5	—	38 »
—	4	—	33 »
—	3 . 5	—	29 6
—	3	—	25 3

Relations entre la charge et le pas des rayures.

Restait, nous l'avons vu, pour déterminer la charge, à constater ses relations avec la rayure. Dans ce but, on tira 9 canons rayés aux pas de 0 m. 50 ; 0 m. 75 ; 1 m. 00 ; 1 m. 25 ; 1 m. 50 ; 1 m. 75 ; 2 m. 00 ; 2 m. 50 ; 3 m. 50.

Chacun de ces canons, dont les uns étaient rayés de gauche à droite, les autres de droite à gauche, fut tiré successivement avec les cinq

charges, sur appui, à 600 m. et sur un but carré de 4 m. de côté. Le nombre de coups de chaque essai fut de 30; même fraisure de baguette que précédemment; on bourrait de la même manière.

CHARGES de poudre.	LONGUEUR de la tige.	ÉCARTS ABSOLUS MOYENS, CORRESPONDANT AUX PAS D'HÉLICE DE :								
		0m50	0m75	1m00	1m25	1m50	1m75	2m00	2m50	3m50
		Résultats d'expérience.								
gr.	mm.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
3.0	25.3	2.22	1.16	1.28	1.14	1.28	1.77	1.56	1.14	2.11
3.5	29.6	1.57	1.22	1.07	1.29	1.18	0.87	1.33	1.15	1.95
4.0	33.9	1.89	1.16	1.01	0.76	1.15	0.82	1.04	0.86	1.84
4.5	38.0	1.95	0.82	1.47	1.00	0.88	1.08	0.86	1.02	1.50
5.0	42.2	2.72	1.03	1.13	1.42	0.90	1.16	1.44	1.39	1.93
		Résultats rectifiés.								
3.0	25.3	2.22	1.16	1.16	1.17	1.22	1.27	1.34	1.50	2.11
4.0	33.9	1.89	0.95	0.85	0.85	0.85	0.88	0.85	0.90	1.84
4.5	38.0	1.95	0.90	0.85	0.85	0.85	0.88	0.85	0.91	1.80
5.0	42.2	2.32	1.05	1.03	1.15	1.07	1.11	1.15	1.32	1.93

CHARGES de poudre.	LONGUEUR de la tige.	RÉSULTATS D'EXPÉRIENCE. Hausses de 600m, correspondant aux pas d'hélice de								
		0m50	0m75	1m00	1m25	1m50	1m75	2m00	2m50	3m50
gr.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
3.0	25.3	45.9	50.7	48.8	47.3	47.9	46.0	45.3	45.9	45.6
3.5	29.6	41.8	41.9	43.6	42.3	43.6	39.9	40.9	40.5	46.2
4.0	33.9	37.4	39.0	30.0	38.9	40.9	36.3	36.1	38.2	41.0
4.5	38.0	36.6	38.8	37.4	38.4	38.5	35.8	37.1	38.3	38.8
5.0	42.2	34.4	35.5	36.0	36.0	36.0	36.2	37.6	36.6	37.1

L'examen des deux tableaux précédents, montre que dans les limites où les expériences ont été faites, la justesse varie peu, quel que soit le pas d'hélice ou la charge, et qu'il y a peu de différence entre les hausses pour les pas d'hélice essayés.

On remarquera pourtant que les charges les plus favorables étaient 4 gr. et 4 gr. 50, et que le pas de 1 m. 75 à 2 m. semblait exiger les plus petites hausses. On reconnut en outre qu'il y avait transport latéral du projectile dans le sens où étaient dirigés les rayures, et enfin que le pas de 2 m. semblait être celui où ce transport latéral était le moins prononcé.

Détermination de la charge, du pas des rayures et du sens des rayures de la nouvelle carabine.

La commission se crut alors suffisamment éclairée pour adopter la charge de 4 gr. 50 ; celle de 4 gr. 20 semblait, il est vrai, plus favorable à la justesse, mais on fit, par cette légère augmentation, la part de la déperdition de poudre résultant, soit d'un chargement précipité, soit du transport des cartouches. Quant au sens des rayures, la commission prescrivit qu'il fût de gauche à droite pour

compenser l'erreur provenant de la manvaise habitude, fréquente chez les tireurs, d'incliner la hausse à gauche afin de la rapprocher de l'œil.

Dans les deux séries d'expériences que nous venons d'esquisser, on avait fait un grand pas ; mais l'étude du projectile à employer devait être encore plus féconde en résultats précieux

Étude du projectile destiné à la nouvelle arme.

Nous avons décrit la balle primitive des inventeurs et vu quelle était sa justesse. M. Minié crut remarquer que le fil graissé qui s'enroulait autour de la gorge ne remplissait pas le but que l'on se proposait, et il le supprima. On ne jugea pas nécessaire de refaire un moule, et la balle primitive continua à être tirée sans avoir aucunement perdu de sa justesse.

A quelle cause la balle ogivale primitive devait-elle cette supériorité? Était-ce à son poids? Pour résoudre cette question, la commission fit établir cinq modèles cylindro-coniques, du même calibre (17 mm. 2) que la balle primitive ; elles avaient un cône commun de 18 mm. de hauteur, et le cylindre seul variait de hauteur, étant pour le n° 1

de 6 mm.; n° 2, 9 mm.; n° 3, 12 mm.; n° 4, 15 mm.; n° 5, 18 mm. La cannelure dont on ne soupçonnait pas l'importance, était supprimée et le projectile très-simplifié de forme.

Le N° 1	pesait	32gr.	7
Le N° 2	—	40	9
Le N° 3	—	48	7
Le N° 4	—	55	4
Le N° 5	—	65	3

D'après ce que nous avons vu des relations qui existent entre la charge et le pas des rayures, la commission, en comparant le tir de ces balles, essaya les trois charges de 3 gr., 4 gr. et 5 gr., en prenant pour pas d'hélice 0 m. 75, 1 m. 00, 1 m. 25, 1 m. 50. Le nombre de coups à tirer dans chaque essai fut fixé à 20. On se servit de la même baguette à fraisure de 12 mm. de hauteur, mais le poids et la longueur des projectiles présentant de notables différences, on la laissait tomber 3 fois pour le n° 1, 4 pour les n°s 2 et 3, 5 pour les n°s 4 et 5. Le tir du n° 1 fut tel qu'on ne prit même pas la peine de le relever. Le tableau suivant est le relevé des résultats obteuus pour les 4 autres.

Charges de poudre.	Balle n° 2. Pas d'hélice.				Balle n° 3. Pas d'hélice.				Balle n° 4. Pas d'hélice.				Balle n° 5. Pas d'hélice.			
	0m75	1m00	1m25	1m50	0m75	1m00	1m25	1m50	0m75	1m00	1m25	1m50	0m75	1m00	1m25	1m50
RÉSULTATS D'EXPÉRIENCE.																
1°. Écarts verticaux moyens.																
gr.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
3.0	1.37	1.24	1.12	1.22	0.84	1.48	1.52	1.34	1.28	2.12	1.20	1.12	0.79	1.50	1.25	1.15
4.0	2.06	1.66	1.20	1.43	1.25	1.04	1.65	0.84	1.52	1.72	1.19	»	0.97	1.19	1.22	1.10
5.0	»	»	1.37	»	»	1.17	»	»	»	1.62	1.58	»	1.56	1.24	»	»
2°. Écarts horizontaux moyens.																
3.0	1.50	1.33	0.87	0.94	0.63	0.98	1.09	1.26	0.71	0.99	0.51	0.83	0.64	0.69	0.43	0.68
4.0	1.57	1.21	0.87	2.54	1.00	1.08	1.57	1.14	1.05	1.22	1.47	»	1.06	0.67	0.57	0.81
5.0	»	»	1.00	»	»	1.40	»	»	»	1.26	1.42	»	1.93	1.21	»	»
3°. Écarts absolus moyens.																
3.0	2.11	2.00	1.56	1.65	1.11	1.89	2.01	1.94	1.45	2.49	1.36	1.49	1.14	2.05	1.48	1.41
4.0	2.65	2.25	1.40	3.07	1.31	1.39	2.55	1.58	2.05	2.29	2.08	»	1.52	1.51	1.06	1.67
5.0	»	»	1.85	»	»	1.69	»	»	»	2.74	2.27	»	2.71	1.93	»	»
4°. Rayons des cercles contenant la meilleure moitié des coups.																
3.0	1.90	1.71	1.51	1.45	0.76	1.60	1.57	2.00	1.34	2.26	1.32	1.26	0.93	1.98	1.22	1.22
4.0	2.36	2.18	1.27	2.87	1.79	1.35	2.45	1.70	1.46	2.14	1.55	»	1.51	1.68	1.09	1.60
5.0	»	»	1.88	»	»	1.38	»	»	»	3.24	2.75	»	2.48	1.62	»	»
5°. Hausses à 600 mètres.																
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
3.0	48.4	48.3	48.3	51.7	50.1	51.3	52.8	52.8	63.3	63.0	57.6	56.9	64.8	63.2	65.9	62.8
4.0	45.5	44.4	43.6	44.7	42.8	41.1	40.2	42.5	44.4	40.3	40.8	»	45.5	43.3	44.5	45.1
5.0	»	»	41.1	»	»	39.7	»	»	»	37.9	38.1	»	40.1	36.8	»	»

En comparant ces résultats à ceux donnés par la balle primitive, on voit qu'elle maintient une supériorité qui ne pouvait plus être attribuée à son poids. La comparaison des hausses lui donnait également la plus faible, partant, la plus grande portée.

Alors, songeant à vérifier si cette supériorité n'était pas due à sa forme antérieure, on expérimenta un jeu de fraisures (voir fig. 13. Pl. II), s'adaptant à la même baguette massive et variant, en profondeur, de 9 mm. à 16 mm. On tira la balle primitive dans un canon rayé au pas de 2 mm., avec la charge de 4 gr. 50 ; 20 coups par série de fraisures, 4 coups de baguette.

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCE.

Profondeur des fraisures de baguette	mm. 9.	mm. 10.	mm. 11.	mm. 12.	mm. 13.	mm. 14.	mm. 15.	mm. 16.
Écarts verticaux moyens	m. 0.76	m. 0.57	m. 0.57	m. 0.78	m. 0.61	m. 0.51	m. 0.72	m. 0.56
Écarts horizontaux moyens	0.50	0.40	0.74	0.33	0.41	0.48	0.51	0.44
Écarts absolus moyens	0.97	0.76	0.74	0.87	0.81	0.88	0.98	0.51
Hausses à 600 mètres	mm. 34.9	mm. 35.1	mm. 34.6	mm. 34.9	mm. 34.9	mm. 34.9	mm. 36.1	mm. 34.6

On en conclut que la forme antérieure de la balle exerçait une certaine influence, mais insuffi-

sante pour expliquer la supériorité de la balle primitive ; du reste, la fraisure de la baguette de 11 à 12 mm. de profondeur était la plus avantageuse pour celle-ci.

De l'examen des hausses, la commission put déduire qu'elles augmentaient avec la profondeur de la fraisure, à partir de 11 mm. On fit de nouvelles expériences qui permirent de déterminer, pour chaque balle, la fraisure qui lui était la plus favorable en vue de la justesse. Ainsi :

Le N° 1	exigeait	15mm	de hauteur de fraisure,
Le N° 2	—	11	—
Le N° 3	—	9	—
Le N° 4	—	8	—
Le N° 5	—	7	—

On reconnut aussi la nécessité de diminuer la profondeur de fraisure ou la *conicité* de la partie antérieure de la balle, à mesure que le poids de cette dernière diminue.

Théorie de M. le capitaine Tamisier sur l'influence des cannelures.

La commission en était donc réduite à procéder par tâtonnements, essayant divers modèles de

balles, lorsque le capitaine Tamisier vint jeter une vive lueur sur cette question jusqu'alors si obscure.

Non-seulement, d'après M. Tamisier, il fallait, pour assurer l'efficacité du tir des balles oblongues, le *forcement*, qui assure la direction initiale de la balle, le *mouvement de rotation normal*, qui, déterminé par les rayures en hélice du canon, établit sur la surface du mobile la symétrie des résistances, mais il fallait encore créer à la partie postérieure du projectile, et en arrière de son centre de gravité, *des résistances directrices*.

« Ces résistances, engendrées par les crans à
» arêtes vives de la partie cylindrique du mobile,
» ont pour effet de replacer à chaque instant
» l'axe de rotation et de symétrie sur l'élément de
» la trajectoire décrite par le centre de gravité, et
» de rendre ainsi la rotation très-approximative-
» ment normale pendant toute la durée du tra-
» jet. »

De ce moment le rôle des *cannelures* était tracé, et la commission arrêta promptement la forme définitive du projectile (voir fig. 14. Pl. II).

Détermination du nombre et de la profondeur des rayures.

Il restait à déterminer le nombre et la profondeur des rayures. On avait déjà résolu, en 1840, d'en adopter un petit nombre : mais on n'avait pas essayé un nombre moindre que celui de 4. En 1846, la commission compara des canons à 5, 4 et 3 rayures ; le plus mauvais résultat provenait des canons à 5 rayures ; la justesse était aussi grande avec 3 rayures qu'avec 4, mais ce dernier chiffre prévalut.

On expérimenta également des profondeurs de 0 mm. 5, 0 mm. 4, 0 mm. 3, et la première, qui était celle des inventeurs, fut conservée.

La rayure progressive.

Sur ces entrefaites, le ministre de la guerre ayant l'intention de faire transformer à tige quelques mousquetons d'artillerie, pour en armer un détachement qu'il voulait envoyer en Afrique, conçut des craintes sur la solidité des armes à transformer ainsi : une profondeur de 0 mm. 5 au tonnerre,

bien, mais conserver cette profondeur à la bouche, c'était scabreux. Il fit alors demander à Vincennes s'il n'y aurait pas un inconvénient trop grave à faire varier cette profondeur, du tonnerre à la bouche, de manière à laisser au canon, dans toute sa longueur, une épaisseur suffisante.

La comparaison entre un canon à rayure uniforme, et un autre dans lequel on avait fait varier la profondeur de 0 mm. 5 à 0 mm. 3, ne laissa aucun doute sur la supériorité que le hasard venait encore ajouter aux succès déjà obtenus.

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCE.

Nombre des rayures...	5	3	4			4	4	Dans ce dernier tir, 100 coups par genre de rayures, 3 coups de baguette pour les rayures progressives.
Profondeur uniforme des rayures......	0mm5	0mm5	0mm5	0mm4	0mm3	Uniforme. 0mm5	Progressive { au tonnerre, 0mm5 / à la bouche, 0 3	
Écarts absolus moyens	1m39	0m72	0m85	1m08	0m97	1m01	0m70	
Hausses à 600 mètres..	43mm3	35mm9	41mm2	37mm5	37mm6	37mm5	39mm0	

Dans une carabine à tige, la supériorité de la rayure progressive était donc reconnue ; il n'y avait plus qu'à l'expliquer, ce qu'on fit ainsi : La balle, enveloppée de son papier graissé, est forcée sur la tige ; sous l'action des gaz et dans le parcours du canon, le papier s'use par le frottement ainsi que la balle, et cette dernière, arrivée vers la bouche, ne serait plus suffisamment forcée, si la profondeur des rayures, venant à diminuer, n'agissait comme correctif. La nécessité d'une hausse plus forte, quand on fait usage de la rayure progressive, s'explique par l'augmentation de frottement.

Tous les principaux éléments ainsi déterminés, la commission voulut comparer les justesses de la carabine ainsi modifiée, et de celle des inventeurs. On tira de 100 m. à 1000 m., sur affût, et les résultats furent déduits de la comparaison des rayons des cercles contenant les trois quarts des coups tirés.

DISTANCES.	Carabine	
	essayée.	proposée.
100	0m 19	0m 19
200	0 33	0 27
300	0 52	0 42
400	0 80	0 61
500	1 16	0 80
600	1 60	1 10
700	2 25	1 63
800	3 10	2 35
900	4 60	3 35
1,000	6 30	4 80

Établissement de la carabine à tige, modèle 1846.

La supériorité de la nouvelle arme était établie; elle prit le nom de carabine modèle 1846 et fut adoptée pour l'armement de dix bataillons de chasseurs d'Orléans. Voir fig. 15. Pl. III, et fig. 41. Pl. V, les détails de la carabine.

Voici ses principales données :

Données principales de la carabine à tige, modèle 1846

Calibre	de la balle (oblongue)	mm.	17.2
	de l'arme	mm.	17.8
Rayures (de gauche à droite).	Nombre		4
	Largeur	mm.	7.
	Profondeur au tonnerre	mm.	0.5
	Profondeur à la bouche	mm.	0.3
	Inclinaison (uniforme) : un tour sur	mm.	2000.
Longueur	du canon (de la tranche de la bouche à la tranche du tonnerre	mm.	868.
	du bonton de culasse	mm.	15.8
	de la carabine, sans le sabre baïonnette	mm.	1262.
	de la carabine, avec le sabre baïonnette	mm.	1835.
	de la balle (oblongue)	mm.	29.
Poids	de la carabine, sans le sabre baïonnette	gr.	4475.
	de la carabine, avec le sabre baïonnette	gr.	5290.
	de la charge de poudre	gr.	4.5
	de la balle (oblongue)	gr.	47.5

NOTA. La longueur de la tige est de 38mm non compris le taraudage qui est de 10mm. Le diamètre est de 9mm.

On conserva pour la nouvelle carabine le sabre-baïonnette modèle 1842 (fig. 7. Pl. I.), et on adopta une hausse composée d'une planche mobile graduée, reliée à l'arme par un pied en fer brasé sur le canon (Voir fig. 42-44. Pl. V.). La planche mobile, lorsqu'on veut se servir de la hausse, pivote autour d'une charnière et se redresse perpendiculairement à l'axe du canon. Une petite pièce

d'acier nommée curseur, se maintenant sur la planche par son propre ressort, porte un cran de mire; en faisant jouer ce curseur le long de la planche, de manière à lui faire affleurer celle des graduations qui porte le chiffre indicateur de la distance à laquelle on se trouve du but, on détermine la ligne de mire artificielle dont on a besoin. Cette hausse comporte deux graves inconvénients : sa mauvaise disposition, qui l'empêche de se rabattre sur le canon aussi bien en arrière qu'en avant, ce qui la rend susceptible de se briser sous un choc violent, et enfin l'emploi d'un curseur qui se détraque facilement et dont le jeu est fréquemment ou trop dur ou trop lâche; il est d'ailleurs assez difficile à saisir par un grand froid, alors que les doigts sont engourdis.

La nouvelle arme ne pouvait s'accommoder du jeu d'accessoires du fusil d'infanterie ; il fallut en créer un nouveau qui permît de nettoyer la partie de l'arme qui entoure la tige, et aussi d'enlever le projectile (Voir fig. 15 et 16. Pl. V.). Cette dernière condition n'est qu'imparfaitement remplie; il y a toujours une certaine difficulté à bien enlever la balle, fortement engagée sur la tige, et cette opération est parfois assez longue. C'est du reste une

des objections faites à l'arme à tige : le poids, la complication et le défaut d'efficacité de son jeu d'accessoires.

On a conservé, pour la carabine à tige, la platine à percussion, modèle 1840, alors en service pour l'infanterie ; depuis, de même que dans les régiments, on fait usage de la platine modèle 1847 (1). Cette dernière ne diffère du reste de la précédente que par l'écartement plus considérable des cylindres de la bride, et par la position du talon de la noix qui se meut entre les deux cylindres au lieu de se mouvoir en dehors (Voir les détails de la platine, modèle 1847, fig. 47-55. Pl. VI.).

On supprima dans le modèle 1846, le bec de la crosse des anciennes carabines, comme nuisible dans le tir, surtout aux grandes distances.

Aucun changement n'a été apporté depuis à cette arme, qui est toujours entre les mains des chasseurs à pied. Il y a, il est vrai, un modèle de 1853, mais la très-légère modification, commune à toutes les armes de ce modèle et que nous verrons plus

(1) La tête du chien est seulement légèrement allégée, pour ne pas gêner le rayon visuel lorsqu'on emploie la hausse mobile.

tard, ne touche à aucun élément important du système.

Voici un tableau indiquant la justesse de tir de la carabine à tige :

RENSEIGNEMENTS.	DISTANCES DU BUT, EN MÈTRES.															
	150	200	225	250	300	325	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1000
Hausse . . . . mm.	10.00	13.00	14.50	16.10	18.20	19.70	21.20	24.30	27.80	31.80	33.80	39.80	49.20	60.00	72.00	86.00
Durée du trajet. . . . secondes.	0.50	0.69	0.78	0.87	1.06	1.15	1.25	1.44	1.64	1.86	2.10	2.37	2.97	3.67	4.35	5.07
Écart moyen horizontal . . mèt.	0.12	0.20	»	»	0.28	»	»	0.32	»	0.41	»	0.51	0.62	0.75	0.95	1.25
Écart moyen vertical . . . mèt.	0.15	0.21	»	»	0.30	»	»	0.35	»	0.45	»	0.56	0.75	1.00	1.50	2.10
Rayon du cercle contenant la moitié des coups . . . mèt.	0.18	0.24	»	»	0.36	»	»	0.48	»	0.62	»	0.78	1.10	1.47	1.94	2.56
Largeur du but de 2 mèt. de hauteur . . . . mèt.	0.50	»	0.50	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50	2.00	2.00	2.50	2.50	3.00	4.00	5.00	6.00
Pr. 0/0 — Tir des bataillons de chasseurs à pied	41.50	»	30.40	37.70	31.90	39.50	35.20	33.90	28.70	24.90	25.70	21.90	20.90	20.00	19.60	14.30
Pr. 0/0 — Tir des chasseurs de 1re classe.	54.50	»	40.30	49.60	46.50	43.20	49.00	46.60	36.00	29.70	36.60	26.50	18.80	19.70	23.90	17.40
Pr. 0/0 — Largeur du but de 2 mèt. de hauteur. . . . mèt.	»	»	»	»	»	»	»	2.00	»	»	»	4.00	»	6.00	»	8.00
Pr. 0/0 — Tir d'expérience	»	»	»	»	»	»	»	52.50	»	»	»	47.50	»	28.70	»	17.50

La dérivation.

Beaucoup de faits nouveaux étaient acquis par suite des expériences de 1845-1846. Les deux principaux étaient la théorie des cannelures, due à M. le capitaine Tamisier, et la dérivation ou transport latéral du projectile suivant le sens des rayures.

La commission voulut se rendre également compte de ce dernier phénomène, qui fut dûment constaté dans une série d'expériences dont voici les résultats :

Tableau donnant la dérivation aux différentes distances, en mesurant exactement, au pendule à secondes, la durée des trajets,

Distances en mètr.	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1300
Durée des trajets en secondes....	0.69	1.13	1.44	1.86	2.37	2.97	3.67	4.35	5.07	6.71	7.71
Dérivation en mèt.	0.12	0.35	0.54	0.89	1.46	2.29	3.50	4.90	6.68	11.69	15.40

On remarqua que la dérivation était d'autant plus sensible que le pas d'hélice était plus court. Il fut reconnu en outre qu'elle n'était due qu'à l'ac-

tion de la pesanteur. En effet, après un certain parcours, la balle tendant à maintenir son axe parallèle à sa première direction, la partie antérieure du mobile se trouvera au dessus de la trajectoire décrite par le centre de gravité. Il en résulte une pression plus considérable de l'air sur la partie antérieure, en dessous, que sur la partie postérieure, au dessus. Dès lors, si l'arme est rayée de gauche à droite, le projectile tournera de gauche à droite, et la résistance de l'air, opposée à ce mouvement de rotation, agira sur la partie antérieure de la balle plus énergiquement que sur la partie postérieure. Or, la partie antérieure (en dessous) éprouve une résistance dirigée de gauche à droite, tandis que la partie postérieure (en dessus) éprouve une résistance (plus faible) dirigée de droite à gauche ; le projectile dérivant du côté de la moindre résistance portera à droite. L'inverse aurait naturellement lieu si l'arme était rayée de droite à gauche.

Heureusement l'influence des cannelures tendant à replacer l'axe de la balle sur l'élément de la trajectoire, corrige une partie de cet inconvénient et le rend moins sensible dans la pratique.

M. Tamisier, voulant reconnaître dans quelles

limites cette influence se ferait sentir, fit de nombreux essais; il obtint encore de bons résultats avec des balles d'une longueur de 126 mm. tirées sur affût. En fait, ce qui limitait leur longueur était l'intensité du recul qui devenait insupportable, quoiqu'on pût encore tirer à bras, sans être incommodé, un projectile tel que le représente la fig. 56, pl. VI.

Aussitôt les expériences de 1846 terminées, la commission eût à s'occuper de l'opportunité de transformer à tige les fusils lisses. Quelques essais ayant paru satisfaisants, on fit faire les expériences plus en grand : 4,000 fusils transformés à tige et rayés furent distribués à 4 régiments d'infanterie; ces armes furent tirées comparativement aux fusils lisses.

Expériences, de 1849 à 1850, sur le fusil rayé à tige.

Les pour cent suivants ont été obtenus sur 82,532 coups tirés avec le fusil ordinaire, et 129,848 avec le fusil à tige.

Distances.	Dimensions du but.	Moyennes générales.		Rapports des justesses des deux armes.
		Fusil ordinaire.	Fusil à tige.	
150m	2m sur 0m50	17.78	33 04	1.86
200	2m sur 0m50	8.59	24.32	2.83
225	2m sur 0m50	5.93	21.35	3.60
250	2m sur 1m00	9.33	38.33	4.11
275	2m sur 1m00	6.67	33.33	5.00
300	2m sur 1m00	6 56	28.08	4.28
325	2m sur 1m50	7.22	35.86	4.97
350	2m sur 1m50	6.36	34.39	5.41
400	2m sur 1m50	4.61	27.91	6.05
450	2m sur 2m00	»	31.87	»
500	2m sur 2m00	»	23.94	»
550	2m sur 2m50	»	22.94	»
600	2m sur 2m50	»	18.20	»
700	2m sur 3m00	»	15.60	»
800	2m sur 4m00	»	13.49	»
Moyennes totales. . .		8.17	26.63	»

Quant à la force de pénétration du fusil à tige, on peut la constater par l'examen du tableau suivant ; les panneaux en bois de peuplier, de 26 mm. d'épaisseur, étaient espacés de 0 m. 50.

Pénétration comparée du fusil lisse et du fusil à tige, 120 coups par distance.		DISTANCES DE																							
		400m.								600m.								800m.							
DÉSIGNATION DES ARMES	Nos DES PANNEAUX.	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Fusil rayé à tige (balle oblongue).	Balles ayant traversé.	63	55	52	43	32	14	3	1	20	16	9	7	2	2	»	»	11	7	7	1	0	»	»	»
	— logées........	0	5	0	2	4	1	0	0	0	1	1	0	0	0	»	»	1	1	0	0	0	»	»	»
	— empreintes....	0	5	3	6	7	12	7	0	0	3	6	2	5	0	»	»	1	3	0	6	1	»	»	»
	— ayant touché..	63	63	55	51	43	27	10	1	20	20	16	9	7	2	»	»	13	11	7	7	1	»	»	»
Fusil lisse (balle sphérique).	Balles ayant traversé.	2	1	»	»	»	»	»	»	Le fusil lisse n'a pas été tiré à ces deux distances.															
	— logées........	2	0	»	»	»	»	»	»																
	— empreintes....	0	1	»	»	»	»	»	»																
	— ayant touché..	4	2	»	»	»	»	»	»																

Adoption, pour les zouaves, du fusil rayé à tige.

On fit également de nombreux essais sur la résistance des tiges, sur la facilité du chargement, etc. Tous ayant paru satisfaisants, le fusil rayé fut donné aux zouaves.

Voici ses principales données :

Données principales du fusil rayé à tige, modèles transformés.

Calibre	de la balle (oblongue)		mm.	17.2
	de l'arme		mm.	17.8
Rayures (de gauche à droite).	Nombre			4
	Largeur		mm.	7.
	Profondeur	au tonnerre	mm.	0.5
		à la bouche	mm.	0.1
	Inclinaison	(uniforme) : un tour sur	mm.	2000.
Longueur	du canon (de la tranche de la bouche à la tranche du tonnerre		mm.	1083.
	du bouton de culasse		mm.	16.
	du fusil sans baïonnette		mm.	1477.
	du fusil avec baïonnette		mm.	1857.
	de la balle (oblongue)		mm.	29.
Poids	du fusil sans baïonnette		gr.	4380.
	du fusil avec baïonnette		gr.	4750.
	de la charge de poudre		gr.	4.5
	de la balle (oblongue)		gr.	47.5

NOTA. La longueur de la tige est de 38mm non compris le taraudage qui est de 10mm. Le diamètre est de 9mm.



La hausse du fusil rayé à tige ne diffère de celle de la carabine qu'en ce qu'elle n'est réglée que jusqu'à 800 mètres.

On ne s'en serait pas tenu là, et il est à présumer que cette transformation eût été appliquée à l'armement de toute l'infanterie française, sans une nouvelle proposition due à M. le capitaine Minié. La balle à culot, qu'il présenta alors, vint tout remettre en question et exiger de nouvelles expériences comparatives que nous allons étudier.

CHAPITRE III.

SOMMAIRE. — La balle à culot du capitaine Minié. — Première idée de ce genre de forcement, émise par M. Greener, arquebusier anglais. — Avantages du système proposé par le capitaine Minié. — Expériences sur la balle à culot et les balles évidées, en 1849-50 dans les écoles de tir, et 1851-52 dans les régiments. — Expériences de 1853-54 — Comparaison des avantages et des inconvénients des armes rayées à tige et sans tige. — Le fusil rayé de la garde, modèle 1854. — Dernières expériences. — Adoption, en principe, de l'armement rayé pour toute l'infanterie française.

La balle à culot du capitaine Minié.

En 1849, M. le capitaine Minié, attaché à l'École normale de tir de Vincennes, proposa au ministre de la guerre un nouveau mode de force-

ment qui devait causer une nouvelle révolution. Son projectile, qui entrait librement dans le canon, portait à l'arrière une cavité dans laquelle on logeait un appendice de forme tron-conique, appelé culot. Par suite des lois de l'inertie, le culot, d'une densité moindre que celle du plomb, était entraîné le premier sous la pression des gaz de la poudre, et épanouissant alors les parois de la balle, la forçait à prendre l'empreinte des rayures. S'il y avait une légère complication dans la composition des munitions, il y avait grande simplification dans le chargement, toujours régulier, et dans la transformation des armes, qui consistait uniquement à les rayer.

Première idée de ce genre de forcement, émise par M. Greener.

Ce mode de forcement était-il absolument nouveau? Non. Mettant de côté tout ce que d'anciens auteurs peuvent laisser entrevoir comme vagues ébauches d'une idée plus ou moins analogue, il est constant que dès 1835, en Angleterre, le principe de ce mode de forcement avait été clairement

posé. M. Greener, arquebusier anglais, présenta à cette époque, à Woolwich, une balle ovale (voir fig. 57, Pl. VII), portant un évidement dans lequel il engageait un appendice qu'il désignait sous le nom de tampon. Ce tampon avait la forme d'un clou dont la tige tron-conique était terminée par une tête plate du côté de la balle, et arrondie en segment de sphère du côté opposé ; cet appendice était d'un alliage de plomb, d'étain et de zinc. On chargeait comme à l'ordinaire, se bornant seulement à appuyer la balle sur la poudre. « Alors, » disait Greener (1) : « Quand l'explosion a lieu, le « tampon est chassé dans le plomb, en écartant les « parois de la balle, et produit ainsi, soit le forcement dans les rayures, soit la suppression du « vent, selon que l'on emploie une arme rayée ou « une arme à canon lisse. »

M. Greener obtint une expérience faite en présence d'officiers d'artillerie : 120 coups furent tirés par un détachement du 60e régiment d'infanterie (carabiniers), et les résultats furent reconnus très-

(1) *The Science of gunnery, as applied to the use and construction of fire-arms*, by GREENER. London. Longman et Ce, roy. in-8°, 1841.

favorables comme justesse et comme rapidité de chargement; seulement le comité anglais refusa de donner aucune suite à cette proposition, vu la *complication du projectile.*

Quant au rôle de l'évidement seul comme agent de forcement, il avait été clairement mis en lumière par M. Delvigne : son projectile employé dans les expériences faites en Belgique, par une commission mixte composée d'officiers russes et belges, portait une cavité postérieure à ce destinée.

Néanmoins il appartient à M. Minié d'avoir su, par une judicieuse entente de tous les éléments de son projectile et de son culot, forcer dès l'abord l'attention à se porter sur sa proposition.

Avantages du système proposé par le capitaine Minié.

La facilité du chargement de l'arme présentée, sa justesse, sa pénétration, la suppression des accessoires compliqués de l'arme à tige, par-dessus tout la grande simplicité de la transformation, puisqu'il suffisait purement et simplement de rayer les anciens fusils lisses, tout devait engager le gou-

vernement à apporter la plus haute attention à l'examen de ce système. La nouvelle balle différait peu en poids de la balle oblongue (49 gr. au lieu de 47 50); la charge était de 5 gr. au lieu de 4 50. Aussi, peut-être à tort, ne fit-on aucune nouvelle étude relativement à l'arme elle-même; on se contenta de tirer, comparativement au fusil à tige, le même fusil, rayé de la même manière et sans tige, et de rechercher la meilleure combinaison de l'évidement et du culot. La première balle, dont la forme et les dimensions sont données par la fig. 58, Pl. VII, avait une *entrée* de 0 mm. 5 qui fut supprimée plus tard; le fond de l'évidement était plat et sans raccordement avec sa partie tronconique. Du reste toutes les modifications ultérieures n'ont porté que sur la forme de l'évidement et celle du culot; ce dernier était en tôle.

Expériences sur la balle à culot et les balles évidées: en 1849-50 dans les écoles de tir, et 1851-52 dans les régiments.

C'est en 1849-1850 que les quatre écoles de tir, de Vincennes, Toulouse, Grenoble et Saint-Omer,

furent chargées de faire simultanément des expériences comparatives. Les tirs eurent lieu à bras. Les écoles de Vincennes, Toulouse et Saint-Omer tirèrent avec chaque balle 100 coups à chaque distance. A Grenoble, on tira, avec chaque balle, 40 coups à 150 m., 60 à 250, 80 à 350, 90 à 400, 100 à 500, 130 à 600, 150 à 700, 170 à 800. Les trois premières écoles relevèrent les coups en fonction des écarts absolus ; la dernière, les coups en fonction de l'écart géométrique moyen. Les résultats sont réunis dans le même tableau, suivi d'un deuxième donnant la comparaison, pour les deux balles, des rayons des cercles contenant la moitié des coups.

DISTANCES.	BALLES A CULOT.				BALLES OBLONGUES.				MOYENNES GÉNÉRALES.	
	ÉCARTS ABSOLUS MOYENS.			ÉCARTS géométriq. moyens	ÉCARTS ABSOLUS MOYENS.			ÉCARTS géométriq. moyens.	BALLES	
	Vincennes	Toulouse.	St.-Omer.	Grenoble.	Vincennes	Toulouse.	St.-Omer.	Grenoble.	à culot.	oblongues.
m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
150	0.62	0.84	0.92	0.52	0.64	0.77	0.78	0.46	0.65	0.66
250	0.87	0.85	1.40	0.60	0.88	0.91	1.14	0.94	0.88	0.99
350	1.18	1.10	1.48	0.75	1.51	1.10	1.36	1.29	1.13	1.44
400	1.22	1.41	1.66	0.92	1.23	1.42	1.56	1.25	1.30	1.36
500	1.52	1.80	2.37	1.25	1.78	1.95	2.43	1.72	1.73	1.97
600	2.66	2.41	3.04	1.56	2.94	2.85	3.05	2.17	2.42	2.75
700	2.73	2.98	3.26	1.95	3.49	3.33	3.41	3.32	2.74	3.39
800	3.28	4.00	3.79	2.55	3.50	4.23	3.86	3.35	3.40	3.72

DISTANCES.	BALLES A CULOT.				BALLES OBLONGUES.				MOYENNES GÉNÉRALES. BALLES	
	Vincennes	Toulouse.	St.-Omer.	Grenoble.	Vincennes	Toulouse.	St.-Omer.	Grenoble.	à culot.	oblongues.
m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
150	0.53	0.49	0.73	0.51	0.58	0.67	0.70	0.49	0.56	0.61
250	0.77	0.76	0.91	0 77	0.85	0.96	1.01	0.64	0.60	0.81
350	0.99	0.91	1.29	0.94	1.37	1.06	1.65	1 06	1.06	1.20
400	1.07	1.25	1.41	1.02	1.12	1.23	1.35	1.57	1.19	1.27
500	1.40	1.77	1.58	1.31	1.82	1.88	1.84	1.70	1.59	1.81
600	2.47	2.25	2·75	1.86	2.77	2.88	2.51	2.25	2.35	2.60
700	2.76	2.81	2.86	1.99	3.37	2.30	3.36	3.83	2.60	3.21
800	2.83	3.77	3.55	2.79	3.28	4.12	3.63	3.84	3.25	3.72

Une légère supériorité comme justesse fut donc constatée en faveur des balles à culot ; leur pénétration ne donnait pas de différence appréciable avec celle de la balle allongée.

Les écoles reconnurent que deux coups de baguette suffisaient au chargement de l'arme, et en outre que la marche, le saut, en inclinant vers la terre le bout du canon, ne déplaçaient pas la cartouche dans l'âme, celle-ci étant suffisamment retenue en place par la graisse dont elle était garnie.

Les écoles accordèrent également à la cartouche à balle à culot, qu'elle se comportait mieux à l'humidité que celle à balle oblongue ; mais les expériences des régiments, faites plus pratiquement, donnèrent un démenti à cette conclusion. Cela devait être : s'il y a dans l'arme à tige une plus grande difficulté à l'entretien de la propreté au fond de l'âme, à cause de la tige, il peut en résulter la présence de débris de chiffons ou autres capables de donner lieu à quelques ratés, accident qui, en temps ordinaire, se produira moins facilement dans le fusil rayé sans tige. Mais en revanche, vis-à-vis de l'humidité proprement dite, vis-à-vis par exemple de l'introduction d'eau de pluie dans l'âme, il est évident que la balle forcée sur la tige

et bouchant toute issue, protégent entièrement la charge, tandis que la balle à culot laissera filer le liquide et détériorer la poudre.

Les écoles se trouvèrent encore en contradiction apparente avec les régiments par rapport aux observations sur les déchirements des projectiles, qui furent trouvés beaucoup plus nombreux par les régiments que par les écoles. Il est vrai que celles-ci tirèrent avec des canons du calibre de 18 mm. et des balles de 17 mm. 2, ayant ainsi 0 mm. 8 de vent, tandis que les régiments tirant la même balle de 17 mm. 2 avec le calibre de 17 mm. 8, avaient réduit le vent de 0 mm. 2. On corrigea ce défaut en partie en réduisant la balle à 17 mm. 1. Peut-être une confection de cartouches, plus soignée dans les écoles, doit-elle aussi entrer en ligne de compte.

Nous venons de parler de déchirements des projectiles. Quelques explications sont nécessaires. Il arrive fréquemment que les balles à culot se percent ou se déchirent par suite de l'action trop vive des gaz ou d'un défaut de leur fabrication. On a eu, en France, à se préoccuper sérieusement de ces fâcheux accidents; l'obstination avec laquelle on y a constamment repoussé la fabrication des

balles à froid et par compression, malgré les bons résultats que diverses puissances étrangères en retirent depuis 1841, en est la principale cause. L'artillerie française a partagé ces accidents en trois classes.

L'une comprend les *lunettes* : on nomme ainsi le débris se composant de toute la partie cylindrique du projectile et se terminant en biseau par suite de la violence de l'arrachement, la partie ogivale se trouvant entièrement séparée (Voir fig. 59, Pl. VII).

Une autre comprend, sous le nom d'*anneaux*, les débris formés d'une portion annulaire de la partie évidée de la balle, composée d'une ou de plusieurs cannelures, mais terminée par un rebord plat. Ces accidents proviennent uniquement d'un défaut de fabrication (Voir fig. 60, Pl. VII).

La troisième enfin comprend les *affouillements*. Dans ce cas ce sont les gaz qui, pénétrant dans des soufflures existant dans la balle, la percent sans séparer complétement la partie antérieure, mais en lui donnant les formes les plus tourmentées et les plus bizarres (Voir la fig. 61, Pl. VII).

Dans ces différents cas, il est inutile d'ajouter que ces débris expulsés de l'arme n'ont ni portée

ni direction assignables. Mais ce qui est beaucoup plus grave, c'est que certains de ces débris, les lunettes par exemple, restent parfois dans le canon. Les plus grandes difficultés se présentent alors pour les détacher des parois auxquelles elles adhèrent fortement; il ne reste plus qu'à démonter et déculasser le fusil, ce qui constitue momentanément une mise hors de service de l'arme, inconvénient des plus graves devant l'ennemi. On essaya il est vrai, en pareil cas, de charger l'arme comme si de rien n'était, en renversant seulement la balle la pointe en bas; la balle arrivée à l'obstacle, on bourrait fortement pour lui faire prendre corps avec lui, puis on tirait; parfois le tout était expulsé et l'arme dégagée, parfois aussi les gaz ne pouvant vaincre cette résistance, prenaient leur issue par la cheminée en relevant violemment le chien. Il était donc impossible de compter sur ce moyen, et l'inconvénient subsista dans toute sa force.

Les expériences qui furent faites sur la forme et les dimensions à donner à la balle et à son culot peuvent se diviser en 6 séries.

Dans la première on étudie la balle primitive présentée par M. Minié.

Dans la deuxième on renforce le fond de l'évide-

ment par un raccordement avec sa partie tron-conique ; on soigne davantage la confection des cartouches en les faisant toutes calibrer; enfin on réduit le calibre de la balle à 17,1 mm., celui de l'évidement à sa base, à 10,9 mm., et enfin on supprime l'entrée qui avait été donnée à la balle. Sa forme extérieure se trouve alors arrêtée.

Dans les troisième, quatrième et cinquième séries, on ne fait plus que des recherches sur le tracé du culot.

Dans la sixième on arrête définitivement la forme de ce dernier. Il se compose de trois parties : 1° d'une partie cylindrique de 10,9 mm. de diamètre et de 1 mm. de hauteur ; 2° d'une partie tron-conique, de 10,9 mm. de grande base, 8 mm. de petite base et 6 mm. de hauteur; 3° d'une calotte sphérique de 8 mm. de base et de 1 mm. de hauteur. La hauteur totale du culot se trouve donc portée à 8 mm., et son épaisseur est réduite à 0,8 mm. La fig. 62, Pl. VII, donne le dernier tracé de la balle à culot et de son culot.

Cet accroissement de hauteur donné au culot est dû à l'observation du phénomène suivant. Les culots quittaient la balle et tombaient à peu de distance du tireur. Pour constater le moment où cette

séparation s'effectuait, on tira à Vincennes sur des panneaux en toile, disposés de mètre en mètre, le premier à un décimètre de la bouche de l'arme. Jusqu'à la distance de 10 à 12 mètres on retrouvait presque toujours l'empreinte du culot à une certaine distance de celle de la balle. Cela devenait inquiétant et aurait pu devenir nuisible à des troupes voisines ou que l'on aurait dominées. Cette séparation fut attribuée à la réaction de l'air atmosphérique : soumis d'abord à une violente compression par suite du mouvement en avant du culot, il tendait ensuite à reprendre brusquement son premier volume dès l'instant où cessait l'action des gaz et projetait le culot. Pour constater la réalité de cette hypothèse, on ménagea une issue à l'air comprimé en perçant la balle à sa partie antérieure jusqu'à l'évidement; la chute du culot cessa aussitôt.

Le peu de hauteur du culot lui permettait d'être relancé directement : aussi fut-elle augmentée, ce qui lui donnait plus de chance de s'arc-bouter dans l'évidement et de s'y maintenir. En effet, depuis, le culot ne quitta plus la balle, ou du moins ne le fit-il que fort tard, ce qui n'avait plus aucun inconvénient.

—

La balle à culot ainsi déterminée fut tirée comparativement à la balle primitive, et les résultats obtenus sont contenus dans le tableau suivant :

Tableau comparatif des résultats obtenus entre la balle primitive et la balle définitive.

DISTANCES en mètres.	DIMENSIONS des buts en mètres.	BALLE de la 1re série — Pour cent.	BALLE de la 6e série. — Pour cent.
400	2 sur 1 50	22 26	27 72
450	2 2	20 97	26 17
500	2 2	16 20	26 96
550	2 2 50	17 04	21 79
600	2 3	12 76	16 74
700	2 3	9 18	15 77
800	2 4	8 36	13 27

Dès la première proposition de M. Minié, les résultats du tir avaient été déjà très-favorables et présentaient une supériorité notable sur la balle sphérique. On avait en outre, dans ces mêmes expériences, tiré la balle à culot sans son culot. Ces résultats sont donnés dans le tableau qui suit :

Tableau comparatif des résultats obtenus avec la balle à culot, la même sans son culot, et la balle sphérique.

DISTANCES en mètres.	DIMENSIONS des buts en mètres.	BALLES à culot. — Pour cent.	BALLES à culot, sans leur culot. — Pour cent.	BALLES sphériques. — Pour cent.
150	2 sur 0 50	34 42	31 77	17 48
200	»	24 66	26 20	8 97
225	»	21 39	19 01	4 57
250	2 sur 1	33 19	28 44	6 96
275	»	30 03	28 75	5 09
300	»	21 19	22 31	3 28
325	2 sur 1 50	25 76	27 32	4 14
350	»	28 42	25 02	3 08
400	»	22 26	19 96	2 54
450	2 sur 2	20 97	22 52	»
500	»	16 20	18 73	»
550	2 sur 2 50	17 04	12 90	»
600	»	12 76	12 09	»
700	2 sur 3	9 18	9 26	»
800	2 sur 4	8 36	8 31	»

On voit d'après ce tableau que la justesse de la balle de M. Minié variait peu, soit qu'on la tirât avec ou sans son culot. Toutefois, dans ce dernier cas, les déchirements étaient plus fréquents.

Ainsi le 31[e] régiment d'infanterie faisant à Vincennes des feux d'ensemble avec la balle à culot



et la même sans culot, eut pour résultats sur 32,994 coups tirés avec la balle à culot :

Débris restés dans l'arme	1
— trouvés sur le terrain	37

Sur 11,020 coups tirés avec la balle à culot sans culot, les résultats furent :

Débris restés dans l'arme	8
— trouvés sur le terrain	48

Il était donc évident que le rôle du culot était éminemment protecteur.

Ces expériences sur le tir de la balle à culot sans son culot, ou, en d'autres termes, sur le tir des balles évidées, n'étaient qu'un retour aux idées de M. Delvigne. Cependant elles ne furent déterminées que par une proposition de M. de Faucompré. Cet officier d'artillerie présentait une balle cylindro-conique sans cannelures et évidée (Fig. 63, Pl. VII). Elle offrait en outre cette particularité qu'elle était obtenue par *étampage* au lieu du *coulage*. M. de Faucompré n'employait pas une machine spéciale; mais après avoir coulé ses balles dans des matrices, il les y comprimait et y déter-

minait l'évidement par le choc d'un balancier. Les résultats donnés par cette balle furent mauvais. On l'attribua à l'absence de cannelures ; ce ne pouvait être la seule raison, car, depuis, l'expérience a prouvé, en Angleterre du moins, que des balles sans cannelures pouvaient donner d'excellents résultats. M. de Faucompré essaya de fendre latéralement la partie cylindrique de son projectile, espérant ainsi favoriser le forcement ; mais cette idée n'eut aucun succès et il l'abandonna. On essaya également diverses formes d'évidement, entre autres les suivantes, (fig. 64 et 65, Pl. VII).

Expériences de 1853-1854.

Nous n'avons considéré jusqu'à présent que des expériences faites sur la balle à culot, à titre de recherches. Mais en 1853 et 1854, de véritables expériences comparatives furent faites dans les corps, entre le fusil rayé sans tige tirant la balle à culot et le fusil rayé à tige tirant la balle oblongue. Trois régiments en furent chargés : l'un d'eux fut embarqué pour l'Orient avant d'avoir terminé, et d'ailleurs les premières expériences n'avaient pas

été faites dans des conditions absolument identiques. On poursuivit alors les études comparatives en égalisant parfaitement les conditions.

On n'employa plus que des armes du modèle de 1853, de la longueur du fusil de voltigeur (1) et du calibre de 17,8 mm.

Dans chaque régiment on distribua :

Au 1er bataillon, le fusil rayé à tige (balle oblongue);
Au 2e bataillon, le fusil rayé sans tige (balle à culot);
Au 3e bataillon, le fusil lisse (balle sphérique).

Les 3 bataillons tiraient ensemble, à la même heure, éprouvant, par suite, les mêmes variations dans les conditions atmosphériques. La balle à culot employée était celle de la 6e série.

Les résultats de ces expériences nous sont donnés par le tableau suivant :

(1) En France, on désigne sous le nom de fusil d'infanterie, celui qui était donné à l'infanterie de ligne; celui dit de voltigeurs, armait les régiments d'infanterie légère, et ne différait du premier que par une longueur de canon moindre de 54 mm. (1 m. 029, au lieu de 1 m. 083). Il est à présumer que c'est cette longueur de canon qui prévaudra pour les armes rayées.

Tableau comparatif du tir des fusils, rayé à tige, rayé sans tige et lisse, dans les expériences de 1853-54.

DISTANCES.	DIMENSIONS des buts.	FUSIL RAYÉ à tige. — Pour cent.	FUSIL RAYÉ sans tige — Pour cent.	FUSIL LISSE — Pour cent.
	m m			
150	2 sur 0 50	32 02	31 71	17 41
200	»	20 41	26 50	9 87
225	»	19 99	25 54	5 26
250	2 sur 1	31 12	33 60	7 18
275	»	27 17	32 98	5 62
300	»	22 67	27 54	3 50
325	2 sur 1 50	31 19	36 60	4 83
350	»	30 38	35 91	3 93
400	»	26 57	27 88	2 49
450	2 sur 2	23 09	28 39	»
500	»	18 82	22 59	»
550	2 sur 2 50	18 48	21 68	»
600	»	18 33	21 34	»
700	2 sur 3	15 35	16 56	»
800	2 sur 4	11 68	15 21	»

On déduit de ce tableau que la justesse de l'une ou l'autre arme rayée est d'environ 4 1/2 fois plus grande que celle du fusil lisse. On voit également que la différence de justesse entre le fusil rayé à tige et le fusil rayé sans tige, à l'avantage de ce dernier, diminue aux grandes distances, n'étant plus que de 2 0/0 entre 400 et 800 mètres, au lieu de 4, 12, différence moyenne de 150 à 400 mètres.

Comparaison des avantages et des inconvénients des armes rayées à tige et sans tige.

En résumé, les deux armes ont une très-grande justesse, et ce ne sont que les inconvénients qu'elles peuvent présenter comme service qui doivent faire pencher la balance en faveur de l'une ou de l'autre.

Les régiments, d'accord entre eux à cet égard, attribuèrent la supériorité au fusil sans tige, dont le forcement, indépendant de l'action de l'homme, est toujours régulier, tandis que celui de l'arme à tige perd toute régularité, selon que l'homme bourre trop ou trop peu. S'il bourre trop, la balle tend, sous le choc de la baguette et passé une certaine limite, à se dégager des rayures vers sa base et à s'allonger le long de la tige ; lorsque la déflagration des gaz a lieu, ils agissent sur cette partie inférieure de la balle, en la comprimant encore, et le projectile sort du canon complétement déformé et incomplétement forcé, ainsi que l'indique la fig. 66, Pl. VII. S'il bourre trop peu, il est évident que le plomb n'ayant pas le temps de se

dilater ne pénètre point dans les rayures, et le forcement peut se trouver nul.

Ces désavantages d'un forcement irrégulier, fort peu sensibles avec la carabine qui est courte, le deviennent beaucoup plus avec le fusil, dont la longueur ne permet plus à l'homme, généralement d'une taille peu élevée, de chasser la baguette avec l'énergie convenable.

On a reproché à l'arme à tige de prêter à l'inconvénient suivant : une cartouche peut manquer de poudre, ce qui arrive encore quelquefois avec le système un peu primitif de fabrication actuellement en usage ; si dans l'émotion du combat, l'homme ne s'en aperçoit pas et qu'il assure la balle sur la tige, il faudra, devant l'ennemi, l'enlever au tire-balle, opération assez longue ; c'est un inconvénient, mais avec plus ou moins de temps on arrive à retirer une balle, tandis que s'il y a un débris dans une arme sans tige, cas au moins aussi fréquent, il faut l'envoyer à l'armurier pour la déculasser. Ces deux inconvénients ne peuvent se comparer.

L'action de l'encrassement ou de l'humidité se fait également sentir d'une manière fâcheuse sur

les armes sans tige par la production des déchirements. Le 64ᵉ régiment fit des expériences très-concluantes à cet égard : tirant 2,000 coups par séance, il laissait ensuite les armes aux faisceaux et soumises à l'influence de la température. On trouve en fait de débris restés dans les armes :

1ʳᵉ séance.	0 débris
2ᵉ Id.	1
3ᵉ Id.	3
4ᵉ Id.	12
5ᵉ Id. pluie d'orage, presque aucune arme ne fait feu, et sur ce petit nombre on trouve.	3
6ᵉ séance.	26

Une autre série d'expériences donne sur 25,610 coups tirés :

1ʳᵉ séance.	0 débris
2ᵉ Id.	3
3ᵉ Id.	10
4ᵉ Id.	24
5ᵉ Id.	39

D'autre part, on objecte aussi à l'arme à tige les ratés que peut occasionner la présence de débris de chiffons autour de la tige, débris provenant du lavage ; mais cela est facile à prévenir. Enfin, et ceci

est plus grave, on se plaint du poids et de la complication des accessoires.

Fusil rayé de la garde impériale, modèle 1854.

Pendant que ces expériences se faisaient, le commandant Minié présentait une nouvelle balle. Celle-ci n'avait plus de culot et offrait un évidement d'une forme particulière (fig. 67, Pl. VII); son poids était de 36 gr., sa charge de poudre de 5 gr. Cette balle donnait de bons résultats et fut aussitôt adoptée provisoirement pour le fusil que l'on donna à la garde impériale. Ce dernier n'est pas une arme particulière, c'est le fusil modèle 1853 qui, une fois rayé, prend le nom de modèle 1854.

Du reste, les armes du modèle 1853 ne diffèrent du précédent modèle, c'est-à-dire pour le fusil du modèle 1842 et pour la carabine du modèle 1846, que par le placement de la *masselotte* qui, dans le fusil modèle 1842 et la carabine modèle 1846, arase le pan latéral droit, tandis que dans les armes modèle 1853, elle fait saillie, ce qui naturellement rejette la lumière plus sur la droite.

Cette disposition dégage la ligne de mire, et il n'est plus nécessaire d'apporter une modification à la tête du chien, selon que la platine est destinée au fusil ou à la carabine. La platine en usage est toujours la platine modèle 1847. La vue par derrière du tonnerre des fusils d'infanterie, modèle 1842 et modèle 1853 (fig. 68 et 69, Pl. VII), fera connaître cette légère modification.

Voici du reste les principales données du fusil de la garde (voir fig. 69, 70, 71, 72, 73, 74, Pl. VII), et quelques détails de cette arme de sa baïonnette.

Tableau des données principales du fusil rayé, modèle 1854.

Calibre	de l'arme		mm.	17.8
	de la balle		mm.	17.2
Rayures (gauche à droite)	Nombre			4.
	Largeur		mm.	7.
	Profondeur	au tonnerre	mm.	0.5
		à la bouche	mm.	0.1
	Inclinaison (uniforme) un tour sur		mm.	2000.
Longueur	du canon (de la tranche de la bouche à la tranche du tonnerre)		mm.	1029.
	du bouton de culasse		mm.	16.
	de l'arme sans baïonnette		mm.	1423.
	de l'arme avec baïonnette		mm.	1883.
	du projectile		mm.	23.
Poids	de l'arme sans baïonnette		gr.	4240.
	de l'arme avec baïonnette		gr.	4580.
	de la charge		gr.	5.
	de la balle		gr.	36.

OBSERVATION. Nous ne donnons ici que les dimensions du fusil de voltigeurs. Le fusil de grenadiers ne diffère que par une longueur de canon plus grande de 54 mm., ce qui augmente de 70 grammes le poids de l'arme.

En 1855 on compara à Vincennes la balle de la garde, dite balle évidée, avec la balle à culot de 40 gr. Les armes employées étaient le fusil transformé, rayé, et la carabine modèle 1853, à laquelle on avait supprimé la tige. Voici les résultats d'après l'aide-mémoire d'artillerie.

Distance.	But.	Pour cent moyen.				Hausses.				OBSERVATIONS.
		Fusil transformé, rayé, calibre de 17.8 mm.		Carabine sans tige, modèle 1853.		Fusil transformé, rayé, calibre de 17.8 mm.		Carabine sans tige, modèle 1853.		
		Balle à culot.	Balle évidée.	Balle à culot.	Balle évidée.	Balle à culot.	Balle évidée.	Balle à culot.	Balle évidée.	
mèt.	mèt.					mm.	mm.	mm.	mm.	
150		[illegible]	31.0	58.0	54.0	[illegible]	[illegible]	23.6	23.0	Pour le fusil, avec chaque balle, on a tiré : 200 coups à chaque distance, jusqu'à 500 mètres inclusivement, 300 coups de 550 mètres à 800 mètres.
200	2 sur 0.5	[illegible]	28.0	46.5	41.0	»	»	»	»	
225		[illegible]	28.5	44.0	26.5	»	»	»	»	Pour la carabine, avec chaque balle, on a tiré 200 coups à toutes les distances.
250	2 sur 1.0	38.0	41.0	56.5	62.5	31.5	30.7	27.7	27.7	
300		[illegible]	29.0	50.0	[illegible]	»	»	»	»	
350	2 sur 1.5	[illegible]	39.0	67.0	44.0	[illegible]	38.0	34.6	35.6	
400		[illegible]	30.5	49.[illegible]	34.0	42.5	47.8	38.0	38.5	
450	2 sur 2.0	[illegible]	30.5	52.5	37.0	»	»	»	»	
500		[illegible]	23.0	39.3	31.5	[illegible]	50.6	44.8	46.0	
550	2 sur 2.5	[illegible]	25.8	46.0	29.0	»	»	»	»	
600		[illegible]	21.0	27.5	27.5	[illegible]	64.0	52.0	54.7	
700	2 sur 3.0	19.3	17.6	25.0	23.0	[illegible]	73.5	60.7	64.0	
800	2 sur 4.0	[illegible]	8.6	14.0	6.0	82.0	92.5	70.[illegible]	76.7	
900	2 sur 5.0	»	»	17.5	5.0	»	»	80.5	94.0	
1000	2 sur 6.0	»	»	13.0	7.0	»	»	97.[illegible]	»	
Moyennes générales.		29.8	26.0	44.0	33.8	»	»	»	»	

Le fusil rayé, modèle 1854, ne porte point de hausse ; on la remplace en dirigeant le rayon visuel tantôt par la naissance de l'ongle, tantôt par le sommet de la phalange du pouce que l'on promène à cet effet du tonnerre à la capucine, suivant la distance à laquelle on fait feu. Le tir de l'arme est ainsi censé réglé jusqu'à 400 mètres.

Le motif qui fait de la sorte sacrifier tous les avantages que l'on peut tirer d'une arme de justesse, est-il la crainte du gaspillage des munitions en admettant que l'on ne puisse empêcher le soldat de commencer le feu trop tôt? Repose-t-il sur l'attente d'une hausse plus perfectionnée que celle de la carabine? Nous l'ignorons; mais quelque soit le but que l'on ait voulu atteindre, cette détermination nous semble, en tous cas, difficile à justifier.

Adoption de l'armement rayé pour toute l'infanterie française.

Depuis l'adoption du fusil rayé pour l'infanterie de la garde impériale, cette mesure vient d'être étendue, en principe du moins, à toute l'infanterie



française (1). Le projectile adopté provisoirement est dû à M. le capitaine Nessler, des chasseurs à pied. Cet officier était déjà très-connu par sa recherche d'une balle destinée, en attendant l'adoption de la rayure, à améliorer le tir des armes à canon lisse.

Comme première idée, il présenta une balle, dite balle à clou (voir fig. 75, Pl. VII) ; elle se composait d'une balle sphérique ordinaire, coulée dans un moule contenant une pointe de Paris ; cette pointe empêchait la balle de prendre une rotation irrégulière dans l'âme et donnait d'assez bons résultats. Peu après, le capitaine Nessler proposa la balle représentée par la fig. 76, Pl. VII. Cette balle, présentée en 1853, n'avait été adoptée que récemment, malgré ses excellents résultats comme tir, et malgré l'avantage qu'elle présentait d'ailleurs de ne nécessiter aucun changement dans l'instruction des hommes, puisque la cartouche avait la même apparence et se chargeait identiquement de même que celle à balle sphérique.

Le capitaine Nessler proposa depuis une balle

(1) Les zouaves ont en outre reçu, dernièrement, des carabines à tige, modèle 1846 et modèle 1853, en remplacement de leur ancien fusil rayé à tige.

destinée aux armes rayées (fig. 77, Pl. VII), et enfin (fig. 78, Pl. VII) la balle qui vient d'être adoptée. La recherche d'un projectile pour l'armement de l'infanterie de ligne était limitée par la condition imposée de ne pas dépasser le poids de 32 gr. La dernière balle Nessler satisfait à cette condition. Elle possède un évidement qui est caractérisé par l'abandon de la forme circulaire. La section de l'évidement est triangulaire, le sommet des angles étant abattu et remplacé par un petit raccordement. Ces formes anguleuses de l'évidement ont été plusieurs fois expérimentées. M. Mangeot, arquebusier français établi à Bruxelles, et connu par ses nombreux travaux sur les armes, a notamment dirigé plusieurs fois ses essais sur ce point. Moins heureux que la commission française, il a constamment reconnu que toute forme polygonale de l'évidement nuisait à la régularité du forcement, particulièrement dans le cas fréquent où le sommet d'une des arêtes intérieures correspond à une rayure.

Les essais faits à Vincennes au sujet de la dernière balle ont été nombreux, et il est probable que l'on aura trouvé le moyen d'obvier à cet inconvénient.

CHAPITRE IV.

SOMMAIRE. — (Armes anglaises). Introduction en Angleterre du système Berner. — Carabine à ceinture. — Fusil rayé, modèle 1851. — Expériences de 1852; armes proposées. Fusil Purdey. — Fusil et hausse Westley Richards. — Fusil Lancaster. — Fusil Wilkinson. — Fusil Greener. — Fusil Lovell. — Fusil rayé d'Enfield. — Expériences de 1853-54. — Fusil rayé, modèle 1853.

Système Berner; son introduction en Angleterre.

Vers 1822, le capitaine brunswickois Berner imagina une arme à deux rayures, connue en France sous le nom de carabine à ceinture, et en Allemagne sous celui d'arme ovale. Il employait soit une balle lentiforme qu'il nommait balle roulante, soit une balle revêtue d'un appendice annulaire destiné à s'engager dans les deux rayures;

dans les deux cas il faisait usage d'un calepin graissé.

Nous verrons plus en détail la première proposition du capitaine, depuis major Berner, au chapitre V. Toujours est-il que ce n'est qu'en 1832 que des études sérieuses furent faites sur cette nouvelle arme. Le duc de Wellington ayant eu connaissance de ces essais, ordonna, en 1835, d'armer la brigade légère *(Riflemen)* d'après ce principe.

Carabine à ceinture.

Voici quelles sont les principales données (Voir aussi les fig. 79 et 80, Pl. VIII) de cette carabine, connue en Angleterre sous le nom de carabine de Brunswick.

Données principales de la carabine à ceinture anglaise (Brunswick rifle).		MESURES ANGLAISES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	0.704 in.	17.9 mm.
	de la balle, à la partie sphérique	0.696 in.	17.7 mm.
	de la balle, à la ceinture (*)	0.756 in.	19.2 mm.
Longueur	du canon	2 ft. 6 in.	0.762 mèt.
	de l'arme sans sabre-baïonnette	3 ft. 10 in.	1.168 mèt.
	de l'arme avec sabre-baïonnette	5 ft. 7 1/4 in.	1.708 mèt.
Rayures (de gauche à droite)	nombre	2.	2.
	largeur	0.34 in.	8.6 mm.
	profondeur (uniforme)	0.032 in.	0.8 mm.
	inclinaison (uniforme) : un tour sur	2 ft. 6 in.	0.762 mèt.
Poids	de l'arme sans sabre-baïonnette	9 lb. 2 oz.	4,139 kil.
	de l'arme avec sabre-baïonnette	11 lb. 5 1/2 oz.	5,145 kil.
	de la charge	2 1/2 drs.	4,43 gr.
	de la balle	557 grs.	36,01 gr.

	100.	200.	300.	400.	500.	600.	700.	800.
Aux distances de yards	100.	200.	300.	400.	500.	600.	700.	800.
Aux distances de mètres	91.	183.	274.	366.	457.	549.	640.	731.
L'angle de tir est de	0° 8'	0° 34'	0° 54'	1° 26'	Le tir devient trop incertain pour une détermination correcte de l'angle.			

(*) La largeur de la ceinture est de 0.32 in. = 8.1 mm. ; son relief est de 0.03 in. = 0.76 mm.

Les carabiniers portaient, dans leur cartouchière et dans deux compartiments séparés, les cartouches à poudre et les balles accompagnées de leur calepin. La platine était à percussion. Le chargement était facile et suffisamment rapide, mais la justesse, au delà des petites distances, laissait à désirer.

Il y eut aussitôt quelques modifications proposées : entre autres, de donner à l'arme 4 rayures au lieu de 2, en faisant alors usage d'une balle à deux ceintures (Voir les fig. 81 et 82, Pl. VIII); mais ces propositions n'eurent point de suite, et la carabine de Brunswick fut maintenue sans conteste jusqu'en 1851. Avant cette époque l'Angleterre ne s'était aucunement préoccupée de l'esprit de progrès qui se manifestait dans toutes les armées continentales ; pour les vétérans des grandes guerres, le duc de Wellington, le général sir Charles Napier surtout, l'arme employée dans la Péninsule et à Waterloo, la vieille *Brown Bess*, ne pouvait démériter.

Fusil rayé modèle 1851.

Toutefois des craintes chimériques d'invasion vinrent tout à coup, en 1851, semer l'agitation dans les Iles Britanniques ; l'opinion publique, sérieusement émue, demandait compte au gouvernement de l'abandon dans lequel végétait l'armée. C'est alors que, sortant de son inertie, le comité d'artillerie anglais, dirigé par le marquis d'Anglesea, ordonna l'établissement de 28,000 fusils rayés. On choisit pour modèle, après quelques expériences sommaires faites à Woolwich, un fusil exécuté à Liége d'après les données du fusil à balle à culot que l'on essayait alors en France. Les Anglais lui donnèrent le nom de fusil Minié.

Données principales du fusil rayé modèle 1851, (dit : Minié rifle musket).			MESURES ANGLAISES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme		0.702 in.	17.8 mm.
	de la balle		0.691 in.	17.5 mm.
Rayures (de gauche à droite)	nombre		4	4
	largeur		0.25 in.	6.35 mm.
	profondeur	au tonnerre	0.02 in.	0.50 mm.
		à la bouche	0.01 in.	0.25 mm.
	inclinaison (uniforme) : un tour sur		6 ft. 6 in.	1.981 mèt.
Longueur	du canon		3 ft. 3 in.	0.991 mèt.
	de l'arme sans baïonnette		4 ft. 7 in.	1.397 mèt.
	de l'arme avec baïonnette		6 ft. 1/2 in.	1.841 mèt.
	du projectile (évidé)		1.03 in.	26.2 mm.
Poids	de l'arme sans baïonnette		9 lb. 9 1/4 oz.	4.344 kil.
	de l'arme avec baïonnette		10 lb. 8 3/4 oz.	4.784 kil.
	de la charge		2 1/2 drs.	4.42 gr.
	de la balle		696 grs.	45.05 gr.

	100.	200.	300.	400.	500.	600.	700.	800.
Aux distances de yards	100.	200.	300.	400.	500.	600.	700.	800.
Aux distances de mètres	91.	183.	274.	366.	457.	549.	640.	731.
L'angle de tir est de	0° 14'	0° 39'	0° 53'	1° 22'	1° [illegible]'	2° 23'	3° 5'	3° 25'

Le premier projectile adopté pour le fusil rayé modèle 1851 était une balle calquée sur la balle à culot présentée par M. Minié. Les balles anglaises ne sont pas obtenues par le coulage, mais par la compression du plomb à froid. Ce procédé leur donnant une complète homogénéité et laissant le centre de gravité sur l'axe de la balle, assure davantage la stabilité du mouvement de rotation; aussi se crut-on autorisé à supprimer les cannelures et à donner à la balle la forme indiquée par la fig. 83, Pl. VIII. Cette balle avait un inconvénient grave : sa forme, purement ogivale, sans partie cylindrique, ne lui assurait pas une position régulière dans l'âme, et au départ son axe pouvait ne pas se confondre avec celui du canon; on y remédia en adoptant la balle tracée fig. 84, Pl. VIII.

Néanmoins on n'était pas complétement satisfait du nouvel armement; on désirait une arme moins lourde et d'un calibre moindre, afin d'obtenir un allégement dans le poids des cartouches, et par suite la possibilité, à poids égal, d'en faire porter un plus grand nombre aux hommes. De plus, le calibre du fusil 1851 avait été déterminé sans réflexion; on reprochait à l'artillerie de l'avoir choisi différant assez peu (0 inch. 051 ou 1 mm. 29)

du calibre du fusil lisse pour ne pas satisfaire à la condition demandée, et en différant trop pour pouvoir permettre, en cas de besoin, d'utiliser les cartouches à balles sphériques.

Expériences de 1852 ; *armes proposées.*

Pénétré de l'importance d'arriver promptement à une solution, le nouveau grand maître de l'artillerie, lord Hardinge, engagea quelques armuriers civils à présenter chacun un modèle d'arme, afin de les mettre en regard des modèles adoptés; tous répondirent à cet appel, et les expériences eurent lieu, dans les premiers mois de 1852, à Enfield (1). La Commission désignée à cet effet eut à examiner les armes suivantes :

(1) La fabrique royale d'Enfield n'était pas alors ce qu'elle est maintenant : établie sur une échelle très-bornée, elle ne pouvait suffire aux fournitures d'armes pour l'État. Ces dernières se faisaient toujours par contrats avec les armuriers de Londres et de Birmingham; souvent on avait recours aussi à ceux de Liége. On exécutait à Enfield quelques modèles et rarement un petit nombre d'armes pour les corps.

1°	Un fusil présenté par M. Purdey, armurier.			
2°	—	—	par M. Westley Richards,	Id.
3°	—	—	par M. Lancaster,	Id.
4°	—	—	par M. Wilkinson,	Id.
5°	—	—	par M. Greener,	Id.
6°	—	—	par M. Lovell, inspecteur des armes portatives.	

7° La carabine à ceinture de la brigade légère (riflemen).
8° Le fusil rayé, modèle 1851.

Fusil Purdey.

1° Le fusil Purdey avait pour données principales les suivantes :

Données principales du fusil Purdey.			Mesures anglaises.	Mesures françaises.
Calibre	de l'arme		0.650 in.	16.51 mm.
	de la balle	à culot / à tampon	0.643 in.	16.33 mm.
Rayures	Nombre		4	4
	Inclinaison (parabolique)	au tonnerre, un tour sur	6 ft.	1.829 mèt.
		à la bouche, un tour sur	4 ft. 9 in.	1.448 mèt.
Longueur	du canon		3 ft. 3 in.	0.991 mèt.
	de la balle	à culot	0.910 in.	23.11 mm.
		à tampon	0.050 in.	26.67 mm.
Poids	de l'arme avec baïonnette		9 lb. 1 1/2 oz.	4.125 kil.
	de la charge		2 1/2 drs.	4.43 gr.
	de la balle	à culot	487 grs.	31.51 gr.
		à tampon	610 grs.	39.47 gr.
But en blanc de l'arme (avec la balle à tampon)			180 yards.	165 mètres.

Aux distances de yards	100.	200.	300.	400.	500.	600.	700.	800.
Aux distances de mètres	91.	183.	274.	366.	457.	549.	640.	731.
L'angle de tir est de	0° 15′	0° 40′	0° 57′	1° 17′	1° 47′	2° 21′	2° 58′	3° 41′

M. Purdey employait deux projectiles différents : le premier (fig 85, Pl. VIII) était muni du culot Minié ; le deuxième présentait un évidement plus compliqué dans lequel on introduisait un appendice métallique destiné à jouer le même rôle que le culot (voir fig. 86, Pl. VIII) ; nous lui conservons son nom anglais de tampon (plug). Ce genre d'agent de forcement, d'une forme plus ou moins compliquée, se rencontre fréquemment en Angleterre, à commencer, comme nous l'avons vu, par la balle Greener. L'arme de M. Purdey était remarquablement bien exécutée et répondait bien au but que s'était proposé son auteur : création d'un armement léger, à munitions d'un poids modéré, tout en conservant un calibre assez fort. La platine était à chaînette.

Fusils Westley-Richards.

1° Le fusil établi par M. Westley-Richards ayant été terminé trop tard, ne put figurer aux expériences. Les seules données que nous en connaissions consistent dans le calibre, qui était de

0,577 *inch* (14,66 mm.), et les dimensions de son projectile (fig. 87, Pl. VIII). Le tampon que comportait cette balle était en corne. La hausse de cette arme attira l'attention ; elle était construite d'après les principes de la hausse du fusil rayé, modèle 1851, c'est-à-dire de la hausse française ; mais elle était modifiée de manière à se rabattre sur le canon en avant ou en arrière indifféremment.

Fusil Lancaster.

3° L'arme proposée par M. Lancaster avait les données suivantes :

Données principales du Fusil Lancaster.			MESURES ANGLAISES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre...	de l'arme. La section est une ellipse allant en diminuant du tonnerre à la bouche.	Grand axe.. au tonnerre.....	0.547 in.	14.18 mm.
		Grand axe.. à la bouche.....	0.550 in.	13.97 mm.
		Petit axe.. au tonnerre.....	0.545 in.	13.89 mm.
		Petit axe.. à la bouche.....	0.540 in.	13.71 mm.
	de la balle.....		0.532 in.	13.51 mm.
Rayures..	En conservant la désignation impropre de rayures, elles seraient au nombre de..... L'inclinaison (parabolique) augmente du tonnerre à la bouche....		2	2
Longueur	du canon.....		3 ft. 3 in.	0.991 mèt.
	du projectile (évidé).....		1.125 in.	28.58 mm.
Poids. ...	de l'arme avec la baïonnette.....		9 lb. 9 oz.	4.337 kil.
	de la charge.....		2 1/2 drs.	4.43 gr.
	de la balle.....		542 grs.	35.07 gr.

	Anglaises	Françaises
But en blanc de l'arme.....	194 yards.	177 mèt.

Aux distances de								
yards.....	100	200	300	400	500	600	700	800
mètres.....	91	183	274	366	457	549	640	731
L'angle de tir est de.....	0° 11'	0° 26'	0° 49'	1° 9'	1° 34'	2° 2'	2° 32'	3° 1'

Le système de M. Lancaster faisait revivre l'ancien procédé consistant à ménager dans l'arme, non des rayures proprement dites, mais une section déterminée qui devait être celle du projectile. La différence avec cette ancienne méthode consistait en ce qu'au lieu de ménager, comme autrefois, à son projectile une section pareille à celle de l'âme du canon avant le forcement, il employait un projectile cylindro-ogival qui acquérait ensuite, par son expansion, la forme voulue (voir fig. 88, Pl. VIII). De plus, M. Lancaster avait adopté la rayure dite américaine ou parabolique, espérant lui devoir plus de justesse, moins de recul, moins de dérivation, et empêcher la tendance du projectile à franchir les rayures. La platine était à chaînette.

La balle de M. Lancaster présentait un grave inconvénient : il arrivait fréquemment qu'elle entraînait avec elle des fragments du papier de la cartouche, qui se trouvait saisi entre le tampon et la balle.

Fusil Wilkinson.

1° Le fusil de M. Wilkinson a ses principales données reproduites dans le tableau suivant :

Données principales du fusil Wilkinson.						MESURES ANGLAISES.		MESURES FRANÇAISES.	
Calibre { de l'arme { au tonnerre.						0,551 in.		13,99 mm.	
Calibre { de l'arme { à la bouche.						0,530 in.		13,46 mm.	
Calibre { de la balle.						0,527 in.		13,39 mm.	
Rayures. { Nombre.						5		5	
Rayures. { Inclinaison (uniforme), un tour sur.						6 ft. 6 in.		1,981 mèt.	
Longueur { du canon.						3 ft. 3 in.		0,991 mèt.	
Longueur { du projectile.						1,075 in.		27,30 mm.	
Poids { de l'arme avec la baïonnette.						9 lb. 5 oz.		4,224 kil.	
Poids { de la charge.						2 1/2 drs.		4,43 gr.	
Poids { de la balle.						500 grs.		32,25 gr.	
But en blanc de l'arme.						185 yards.		169 mètres.	
Aux distances de { yards.	100	200	300	400	500	600	700	800	1000
Aux distances de { mètres.	91	183	274	366	457	549	640	731	914
L'angle de tir est de.	0° 14'	0° 28'	0° 47'	1° 5'	1° 25'	2°	2° 20'	2° 44'	4° 34'

Ce qu'il y avait de nouveau dans la proposition de M. Wilkinson, c'était son projectile (fig. 89, Pl. VIII), qui constituait tout un système. Ici le forcement se produisait par le refoulement de la balle sur elle-même, dû à la forme particulière de ses deux profondes cannelures. Le chargement, analogue à celui de la carabine à ceinture, s'effectuait en enfonçant d'abord la cartouche à poudre et appuyant ensuite le projectile par dessus ; seulement il n'y avait pas à se préoccuper du placement de la balle, comme dans la carabine de Brunswick, et le calepin de cette dernière était supprimé ; la balle était seulement enduite de graisse, de façon à combler le vide des cannelures. Les avantages que M. Wilkinson avait voulu assurer à son armement étaient, outre la légèreté de l'arme et des munitions, le moins de chances possible de détérioration de ces dernières dans les cartouchières des hommes, où les charges de poudre étaient séparées de leur projectile. La platine était à chaînette.

Fusil Greener.

5° M. Greener présentait un modèle d'armes accompagné de 7 projectiles différents. Il paraîtrait que, pour un motif quelconque, ils furent retirés. En tous cas, nous n'avons pu obtenir aucun renseignement sur eux ; toutefois le calibre de l'arme était de 0.621 inch. = 15,77 mm.

Fusil Lovell.

6° L'arme présentée par M. Lovell était la suivante :

Données principales du fusil Lovell.			MESURES ANGLAISES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme		0.635 in.	16.13 mm.
	de la balle	n° 1	0.630 in.	16.00 mm.
		n° 2	0.628 in.	15.95 mm.
Rayures	Nombre		4	4
	Inclinaison (uniforme) : un tour sur		6 ft. 6 in.	1.981 mèt.
Longueur	du canon		3 ft. 3 in.	0.991 mèt.
	de la balle	n° 1	1.145 in.	29.08 mm.
		n° 2	0.948 in.	24.08 mm.
Poids	de l'arme avec baïonnette		9 lb. 1 1/2 oz.	4.125 kil.
	de la charge		2 1/2 drs.	4.43 gr.
	de la balle	n° 1	686 grs.	44.38 gr.
		n° 2	562 grs.	36.36 gr.
But en blanc de l'arme	avec le n° 1		190 yards.	174 mètres.
	avec le n° 2		176 »	161 »

Aux distances de	yards	100.	200.	300.	400.	500.	600.	700.	800.	1000.
	mètres	91.	183.	274.	366.	457.	549.	640.	731.	914.
L'angle de tir est de	avec le n° 1	0° 11′	0° 26′	0° 49′	1° 9′	1° 34′	2° 2′	2° 32′	2° 50′	4° 16′
	avec le n° 2	0° 14′	0° 28′	0° 52′	1° 18′	1° 47′	Donne de trop mauvais résultats pour qu'on relève l'angle.			

Les deux projectiles de M. Lovell, tous deux munis d'un culot analogue à celui du modèle 1851, ne différaient entre eux qu'en ce que le n° 1 (fig 90, Pl, VIII) était plus allongé et plus pesant que le n° 2 (fig. 91. Pl. VIII). La platine du fusil Lovell était à chaînette.

7° et 8° La carabine de Brunswick et le fusil rayé modèle 1851 ont déjà été décrits plus haut.

Les expériences furent faites rapidement. On commença par tirer chaque arme sur affût, faisant ensuite tirer, avec chaque arme remontée, 20 coups à l'épaule.

Plusieurs armes furent retirées pendant les essais, et le débat le plus sérieux eut lieu entre celles de MM. Lancaster, Wilkinson et Purdey, toutes d'une grande justesse. Comme comparaison de la rapidité du chargement en 30 minutes, les fusils Wilkinson et Lancaster tirèrent 65 coups, soit 2, 16 par minute; le fusil modèle 1851, 60 coups, soit 2. 00 par minute, et le fusil Purdey 56 coups, soit 1, 86 par minute.

On ne reconnut aucun avantage au mode de rayure progressive adoptée par M. Lancaster; une arme de son système, mais à rayure uniforme, donnait au contraire de meilleurs résultats.

Quant à la carabine de Brunswick, elle fut constamment et de tous points inférieure aux armes présentées. La hausse de M. Westley Richards fut reconnue la meilleure. Établie, comme nous l'avons vu, d'après les principes de la hausse à curseur de la carabine à tige française, elle présentait sur cette dernière l'avantage de pouvoir se rabattre sur le canon en avant et en arrière, offrant ainsi moins de chance de rupture par un choc extérieur.

Diverses modifications furent faites par les inventeurs pendant le courant des expériences qui furent poussées vivement. D'après les remarques suggérées par elles, la manufacture royale d'Enfield fut chargée d'établir deux armes réunissant les diverses données reconnues les plus avantageuses. Ces armes furent faites à 3 rayures ; ce chiffre fut adopté d'après ce motif que le projectile devait se forcer plus facilement dans une arme où les pleins étaient opposés aux vides, tandis que dans une arme à rayures en nombre pair, il faut que le plomb s'engage simultanément dans deux rayures situées à l'extrémité du même diamètre, exigeant par suite un effort d'expansion plus considérable. Dans cette arme, connue sous le nom de fusil rayé

d'Enfield, on renonçait à l'ancien système d'attaches à tiroirs pour relier le canon à la monture ; on adopta trois garnitures qui n'étaient maintenues adhérentes à l'arme que par le plus ou moins de pression de la vis qui les fermait (Voir fig. 92, Pl. VIII). Renonçant à fixer la baïonnette par un ressort, on adoptait une douille à virole, analogue à celle des armes françaises. La platine était à chaînette. Enfin la baguette portait, à une petite distance de la tête, un renflement. Ce renflement a un double but : il permet de se dispenser d'un ressort de baguette, et il offre une meilleure prise au soldat lorsqu'il enfonce la balle dans le canon, ce qui présente une certaine difficulté lorsque l'arme est sale et que la main de l'homme se trouve recouverte d'une couche de graisse résultant de la manipulation des cartouches (Voir le tableau suivant).

Données principal[illegible]

Calibre	de l'arme	
	de la balle	
Rayures	Nombre	
	Largeur	
	Profondeur (uniforme)	
	Inclinaison (uniforme)	
Longueur	du canon	
	de la balle	
Poids	de l'arme avec la baïonnette	
	de la charge	
	de la balle	

Trajectoire [illegible]

		yards. mét.	yards. mèt.	yards. mèt.	yards. [illegible]
A une distance de la bouche de l'arme, de ...		50 = 45.72	75 = 68.58	100 = 91.44	12[illegible] = [illegible]
		in. cent.	in. cent.	in. cent.	in. [illegible]
Les ordonnées de la trajectoire sont, au......	tir à 100 yards, de	9 = 22.86	6 3/4 = 17.14	0	[illegible]
	tir à 206 yards, de	11 1/2 = 29.21	14 1/2 = 36.83	19 = 48.26	21 = [illegible]
	tir à 300 yards, de	17 1/2 = 44.45	26 1/2 = 67.31	33 = 83.82	[illegible]

l d'Enfield.	MESURES	
	ANGLAISES.	FRANÇAISES.
. . . .	0.577 in.	14.66 mm.
. . . .	0.568 in.	14.43 mm.
. . . .	3	3
. . . .	0.262 in.	6.65 mm.
. . . .	0.014 in.	0.36 mm.
. . . .	6 ft. 6 in.	1.981 mèt.
. . . .	3 ft. 3 in.	0.991 mèt.
. . . .	0.960 in.	24.38 mm.
. . . .	9 lb. 3 oz.	4.167 kil.
. . . .	2 1/2 drs.	4.43 gr.
. . . .	520 grs.	33.64 gr.

ll d'Enfield.

mèt.	yards. mèt.	yards. mèt.	yards. mèt.	yards. mèt.	yards. mèt.	yards. mèt.
157.16	175 = 160.02	200 = 182.88	225 = 205.73	250 = 228.59	275 = 251.45	300 = 274.31
cent.	in. cent.	in. cent.	in. cent.	in. cent.	in. cent.	in. cent.
»	»	»	»	»	»	»
= 51 23	10 1/3 = 26 24	0	»	»	»	»
= 107.95	43 = 109.22	39 = 99.06	32 = 81.28	24 = 60.96	14 = 35.56.	0

On adopta pour les deux armes la balle présentée par M. Pritchett, armurier de Londres, ce qui fait que cette arme est fréquemment désignée sous le nom de fusil ou carabine Enfield-Pritchett. Ce projectile (fig. 93, Pl. IX) est cylindro-ogival et se tire sans culot.

Ces deux armes, tirées de 100 à 800 yards (91 à 731 m.), en décembre 1852, donnèrent des résultats très-satisfaisants.

Expériences de 1853-1854.

Vingt autres fusils de ce modèle furent établis à Enfield et envoyés, en juin 1853, à l'école de tir de Hythe qui venait d'être créée; dix portaient des hausses à deux *lamettes*, l'une pour 200 yards (183 m.), l'autre pour 300 yards (274 m.); les dix autres étaient munis de la hausse Westley Richards, réglée jusqu'à 750 yards (686 m.).

Ces armes furent tirées de 100 à 400 yards (91 à 366 m.), avec le fusil modèle 1851 et le fusil Lancaster. La comparaison fut en faveur de ce dernier.

En continuant le tir jusqu'à 800 yards (731 m.), la supériorité fut acquise au fusil d'Enfield.

TABLEAU DES ÉCARTS ABSOLUS MOYENS,

résultant d'un tir comparatif exécuté sur affût, aux distances de :

DÉSIGNATION des armes.	yards. mèt. 100 = 91	yards. mèt. 200 = 183	yards. mèt. 300 = 274	yards. mèt. 400 = 366	yards. mèt. 500 = 457	yards. mèt. 600 = 549	yards. mèt. 700 = 640	yards. mèt. 800 = 731
	ft. mèt.	ft. mèt.	ft. mèt.	ft. mèt.	ft. mèt.	ft. mèt.	ft. mèt.	ft. mèt.
Fusil d'Enfield	0.36 = 0.11	1.04 = 0.32	1.53 = 0.47	2.19 = 0.67	3.50 = 1.07	4.01 = 1.23	4.49 = 1.39	5.03 = 1.53
Fusil Lancaster	0.49 = 0.15	1.24 = 0.38	1.88 = 0.57	3.00 = 0.91	2.89 = 0.88	3.84 = 1.17	4.44 = 1.35	5.12 = 1.56

Les expériences continuèrent. En octobre 1854 on envoya à Hythe 20 nouveaux fusils d'Enfield; ils furent tirés comparativement au fusil modèle 1851. Un détachement de 20 tireurs de 2e classe tira 200 coups à chacune des distances de 400, 500 et 600 yards. On exécuta les feux de file et de peloton, 5 cartouches par espèce de feu. La cible présentait un front de 12 files (6 ft. sur 20, soit 1 m. 80 sur 6 m.).

L'avantage resta au fusil d'Enfield, ainsi que le montre le tableau suivant des *pour cent* obtenus.

DÉSIGNATION des armes.	TABLEAU DES POUR 0/0 D'un tir comparatif exécuté aux distances de		
	yards mètr. 400 = 366	yards. mètr. 500 = 457	yards. mètr. 600 = 549
Fusil rayé d'Enfield	62.5	55.0	43.5
Fusil rayé modèle 1851	60.0	54.5	45.5

OBSERVATION. — Les hausses de ces armes n'étaient pas réglées; on les déterminait approximativement par quelques coups d'essai.

Dans le cours de ces expériences, on apporta quelques modifications de détail au fusil d'Enfield. Le canon fut légèrement renforcé au tonnerre ; on donna également un peu plus de force au chien qui était un peu trop frêle ; les garnitures furent faites d'une seule pièce ; on supprima leur vis et on les fixa au canon par un ressort de garniture ; on creusa un peu plus profondément le logement de la baguette ; enfin on adopta une hausse qui réunit les perfectionnements de M. Westley Richards (possibilité de se rabattre en avant et en arrière sur le canon) à celui de M. Lancaster, qui consiste à pouvoir tirer jusqu'à 300 yards sans avoir besoin d'élever la hausse. La vue de la fig. 94, Pl. IX, dispense de toute explication à cet égard. La nouvelle hausse est réglée jusqu'à 900 yards (823 m.)

Le fusil d'Enfield-Pritchett ainsi modifié prît le nom de fusil rayé modèle 1853 (Voir Pl. IX, quelques détails de l'arme).

DONNÉES PRINCIPALES DU FUSIL RAYÉ ANGLAIS modèle 1853.		MESURES	
		ANGLAISES.	FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	0.577 in.	14.66 mm.
	de la balle	0.568 in.	14.43 mm.
Rayures (de gauche à droite)	Nombre	3	3
	Largeur	0.262 in.	6.65 mm.
	Profondeur	0.014 in.	0.36 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur	6 ft. 6 in.	1.981 mèt.
Longueur	du canon	3 ft. 3 in.	0.991 mèt.
	de l'arme sans baïonnette	4 ft. 7 1/2 in.	1.409 mèt.
	de l'arme avec baïonnette	6 ft. 1/2 in.	1 844 mèt.
	du projectile	0.960 in.	24.38 mm.
Poids	de l'arme sans baïonnette	8 lb. 9 oz.	3.884 kil.
	de l'arme avec baïonnette	9 lb. 4 oz.	4.196 kil.
	de la charge	2 1/2 drs.	4.43 gr.
	de la balle	520 grs.	33 64 gr.

Cette arme est actuellement destinée à toute l'infanterie anglaise. Des commandes importantes exécutées à Liége, et l'activité avec laquelle on fabrique à la manufacture réorganisée d'Enfield, ont permis de livrer déjà à presque toute l'armée le fusil modèle 1853. Dès le mois de novembre 1854 la nouvelle arme avait remplacé le fusil modèle 1851 pour l'instruction des détachements envoyés à l'école de tir de Hythe. On continua néanmoins quelque temps à tirer comparativement avec le modèle 53 et le modèle 51.

Voici un tableau des moyennes des *pour cent* obtenus, de novembre 1854 à avril 1855, dans tous les tirs individuels exécutés par les détachements d'instrucion à Hythe. Il fait ressortir l'incontestable supériorité du nouveau modèle.

DÉSIGNATION des armes.	Pour cent aux distances de :																
	100 y. ou 91 m.	150 y. ou 137m.	200 y. ou 183m.	250 y. ou 229m.	300 y. ou 274m.	350 y. ou 320m.	400 y. ou 366m.	450 y. ou 412m.	500 y. ou 457m.	550 y. ou 503m.	600 y. ou 549m.	650 y. ou 595m.	700 y. ou 640m.	750 y. ou 686m.	800 y. ou 731m.	850 y. ou 777m.	900 y. ou 823m.
Fusil rayé, modèle 1851....	59.03	40.71	37.43	32.58	33.67	37.58	28.35	27.86	26.22	24.24	25.59	25.39	14.28	17.69	22.22	15.87	5.80
Fusil rayé, modèle 1853...	65.02	46.48	38.55	43.05	37.38	44.55	41.25	36.40	46.10	29.87	27.54	24.18	23.52	18.57	23.22	14.49	10.66



Le projectile employé est toujours la balle Pritchett. D'abord tirée sans culot, on lui adopta ensuite un culot en tôle; abandonné, les Anglais l'ont remplacé par un petit culot en buis, auquel ils attachent moins d'importance comme agent de forcement que comme un préservatif contre la déformation du projectile dans le transport des munitions.

Une excellente mesure a été adoptée dans l'armée anglaise: celle de construire leurs bois de fusil avec deux longueurs différentes de crosse, ce qui permet de mettre entre les mains des hommes de différentes conformations une arme dont l'*enjoue* leur soit commode.

Incontestablement, l'Angleterre est actuellement la puissance dont l'armement est le mieux approprié aux exigences des idées nouvelles. La première, elle a renoncé à ces calibres d'une dimension exagérée, et à surcharger sans but ses hommes d'un armement massif (1).

(1) L'artillerie anglaise a été munie d'une carabine courte, construite identiquement d'après les principes du fusil modèle 1853, et à laquelle s'adapte un sabre-baïonnette La cavalerie a la carabine Victoria; deux régiments de dragons ont en expérience le mousqueton rayé Sharpe, modifié; enfin, la marine a aussi une carabine rayée.

Les armes anglaises sont aussi solides que les armes françaises et beaucoup plus maniables; les poignées des armes sont *ovalisées*, allégées et bien plus faciles à saisir, ce qui assure mieux l'arme dans le tir.

CHAPITRE V.

SOMMAIRE. — *Autriche.* La carabine Delvigne-Augustin. — Carabine à tige et carabine sans tige des chasseurs. — Fusil rayé. — *Grand-Duché de Bade.* Carabines des tirailleurs (système Wild). — Fusil rayé de l'infanterie. — Carabine des chasseurs. — *Bavière.* Carabine à tige des tirailleurs. — Carabine des chasseurs, modèle 1854 (à tige). — *Belgique.* Expériences de 1839-41. — Ancienne carabine à chambre des chasseurs. — Carabine à tige des chasseurs-carabiniers. — Fusil rayé de l'infanterie. — *Brunswick* Fusil ovale de l'infanterie. — *Danemarck : Dessau* (*duché d'Anhalt*). Fusil rayé. — *Espagne.* Fusil rayé, modèle 1852. — *Hanôvre.* Fusil rayé à tige. — Carabine à tige.

AUTRICHE. — *La carabine Delvigne-Augustin.*

En Autriche, comme dans presque toute l'Allemagne, les carabines ont toujours été en faveur. Aussi, lorsque l'invention de Delvigne vint donner au chargement de cette arme une rapidité inatten-

due, le gouvernement impérial s'empressa-t-il de modifier son armement. Il adopta également un des premiers la platine à percussion; celle qui fut admise était due à M. Console. Le *lieutenant feld maréchal*, baron Augustin, établit pour les chasseurs une carabine(voir fig. 102 et fig. 103, Pl. X.) réalisant à la fois ces deux idées auxquelles il fit subir quelques modifications ; ces dernières portèrent principalement sur la platine. On lui attribue aussi d'avoir fraisé l'entrée de la chambre, afin de mieux asseoir la balle, mais Delvigne avait lui-même déjà fait cette modification. Le baron Augustin donna en outre un peu plus de profondeur à la chambre, afin de laisser plus d'intervalle entre la poudre et la balle que le faisait M. Delvigne, et de prévenir par là l'écrasement de la poudre. Cette dernière crainte a peut-être été bien exagérée; en effet, lorsqu'après quelques coups, la justesse de la carabine Delvigne diminuait, cela tenait principalement à ce que les gaz n'ayant aucune action *balayante*, si nous pouvons nous servir de ce mot, sur la partie annulaire du fond de l'âme qui entourait l'entrée de la chambre, cet espace était promptement comblé par un encrassement qui tendait, en s'accumulant, à supprimer le raccorde-

ment et à donner en cette partie une forme conique au canon. Que dans ce cas, le forcement eût été imcomplet, cela est aisé à concevoir; mais on comprend difficilement que la balle, qui ne pouvait alors arriver facilement à l'entrée même de la chambre, ait pu y pénétrer de façon à détériorer la poudre.

La platine Console Augustin (fig. 104 Pl. X.) est bien connue; toutefois, nous d'écrirons rapidement ce qui la caractérissait. Un petit bassinet *a* était destiné à contenir l'amorce (petit cylindre aplati aux deux bouts et contenant de la poudre fulminante); *celle-ci* étant placée, on rabattait le couvre-bassinet *b*; si alors on faisait percuter le chien, sa pression sur le bouton mobile *c c*, déterminait la détonation.

Voir les principales données de cette arme dans le tableau ci-après :

TABLEAU DES DONNÉES PRINCIPALES de la carabine Delvigne-Augustin (ancienne carabine des chasseurs).		MESURES. AUTRICHIENNES.	MESURES. FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	8 lignes 3 points.	18.40 mm.
	de la chambre	5 lignes 8 points.	12.14 mm.
	de la balle	8 lignes 4 point.	17.73 mm.
Rayures (de gauche à droite)	Nombre	12	12
	Largeur (les vides égaux aux pleins)	»	2.37 mm.
	Profondeur (uniforme)	2 points.	0.36 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur	50 pouces.	1.317 mèt.
Longueur	du canon	25 pouces.	0.658 mèt.
	de la chambre	18 lignes.	39.50 mm.
	de l'arme sans baïonnette	42 3/4 pouces.	1.118 mèt.
	de l'arme avec baïonnette	59 1/4 pouces.	1.244 mèt.
Poids	de l'arme sans baïonnette	6 livres 29 loth.	3.867 kil.
	de la charge	55 grains.	4.01 gr.
	de la balle	»	32.25 gr.

La baïonnette de cette arme (fig. 105. Pl. X) est à douille et à virole ; la lame est large, plate et propre à tailler d'un seul côté ; à quelques centimètres de la pointe elle est à deux tranchants.

Plus tard, et sans rien changer à la charge, on donna à la carabine de chasseurs un projectile cylindro-conique (fig. 106. Pl. X). Cette balle du poids de 12 grammes 30 était, ainsi que toutes celles que l'Autriche emploie depuis 1841, faite à froid et par compression.

La carabine Delvigne-Augustin portait une hausse fixe pour le tir à 200 pas (150 mètres), et deux lamettes mobiles pour le tir à 300 et 400 pas (225 à 300 m.)

Carabine à tige et carabine sans tige des chasseurs.

L'arme que nous venons de décrire fut conservée aux chasseurs jusqu'en 1855. À cette époque et à la suite de nombreuses expériences, le gouvernement autrichien adopta sans restriction, des armes rayées pour toute son infanterie. Pour les chasseurs ce sont des carabines, et pour l'infanterie de ligne des fusils rayées. Renonçant à la platine

Console-Augustin, on l'a remplacé par la platine à percussion ordinaire.

Il n'y a pour l'infanterie qu'une seule cartouche, quelle que soit l'arme. La balle adoptée est celle présentée par le lieutenant Lorenz et n'est qu'une modification de la balle anglaise de Wilkinson ; le principe du forcement est identique, la forme seule des cannelures diffère légérement. (voir fig. 107. Pl. X). La balle Lorenz pèse 29 grammes 17. La charge de poudre reste de 4,01 grammes.

La carabine à tige, (fig. 108 et 109. Pl. X) et celle sans tige sont employées simultanément dans les corps de chasseurs. Les premières, munies de hausses mobiles réglées jusqu'à 1,200 pas (900 m.), sont données aux sous-officiers, aux hommes du 3e rang et aux meilleurs tireurs du bataillon ; les deuxièmes, portant des hausses réglées jusqu'à 1,000 pas (750 m.), ne se distinguent des premières que par l'absence de la tige, qui est remplacée par une culasse à bouton plat.

Voici les données principales de la carabine à tige :

DONNÉES PRINCIPALES de la carabine à tige des chasseurs.		MESURES AUTRICHIENNES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	6 lignes 4 points.	13.899 mm.
	de la tige	1/4 pouce.	6.584 mm.
	de la balle	6 lignes 3 points.	13.716 mm.
Rayures.	Nombre	4	4
	Largeur (les pleins égaux aux vides)	»	5.458 mm.
	Profondeur (uniforme)	1 point.	0.183 mm.
	Inclinaison (uniforme) : un tour sur	5 pieds.	1.580 mèt.
Longueur	du canon	27 pouces 2 lignes.	0.715 mèt.
	de la tige	1 1/2 pouce.	39.402 mm.
	de l'arme sans baïonnette	41 4/5 pouces.	1.100 mèt.
	de l'arme avec baïonnette	64 1/2 pouces.	1.699 mèt.
	de la balle	11 lignes 6 points.	25.238 mm.
Poids	de l'arme sans baïonnette	7 livres 3/4 loth.	3.933 kil.
	de l'arme avec baïonnette	9 livres.	5.040 kil.
	de la charge	85 gran.	4.010 gr.
	de la balle	400 gran.	29.166 gr.

Il faut remarquer que dans cette carabine la tige ne subissant aucun choc, ne demande pas une grande solidité : son rôle est de soutenir la balle de façon à laisser un intervalle entre cette dernière et la poudre, et non de servir d'agent de forcement.

Les deux carabines des chasseurs ont une baïonnette semblable à celle de la carabine Delvigne-Augustin. La baguette se porte, comme pour la carabine bavaroise, séparée de l'arme, mais il est question de modifier cette disposition.

La justesse et la portée de la carabine à tige sont très-remarquables (1).

(1) Ce tableau est emprunté à l'ouvrage du colonel Schmœlzl ; il est à regretter que l'absence des conditions dans lesquelles fut fait ce tir, ne permette pas de mieux apprécier la valeur réelle des résultats obtenus; ils doivent être tout exceptionnels.

Justesse de tir de la carabine autrichienne (à tige) des chasseurs. (Balle Lorenz, charge de 4.01 grammes.)				
DIMENSIONS DU BUT.		DISTANCES		Pour cent.
Mesures autrichiennes.	Mesures françaises	en pas.	en mètres.	—
Cercle de 6 pouces de diamètre.	Cercle de 0.46 mètr. de diamètre.	300	225	100
Cible de 6 pieds de hauteur sur 25 pas de largeur.	Cible de 1.90 mètr. de hauteur sur 18.75 mèt. de largeur.	1000	750	95
		1200	900	65
		1500	1125	49

A 2,000 pas (1,500 m.) la balle Lorenz perce encore trois panneaux en sapin de 26 mm. d'épaisseur et placés en file à mètre 0,316 de distance.

Fusil rayé autrichien.

Ce fusil, adopté en 1855, ne diffère de la carabine sans tige des chasseurs que par la longueur

du canon, qui est de 36 pouces mètre 0,948, rayé au pas de 80 pouces (2,107 m.), et aussi par la baïonnette qui est une baïonnette ordinaire ; la longueur totale de l'arme avec la baïonnette est de 67 pouces (1,764 m.). Le fusil rayé porte une hausse réglée jusqu'à 300 pas (225 m.) ; toutefois celle des hommes du 3e rang est graduée, jusqu'à 900 pas (750 m)

Cette arme est destinée à l'infanterie de ligne et aux régiments gardes-frontière (Greuzers).

GRAND DUCHÉ DE BADE. — *Carabine des tirailleurs* (système Wild).

En 1841, l'ingénieur Suisse Wild officier de chasseurs-carabiniers, proposa au gouvernement Fédéral une carabine de son invention. Cette proposition eut un certain retentissement ; des expériences furent faites en Suisse et en Allemagne, et quelques états allemands adoptèrent cette arme, notamment le grand duché de Bade. La carabine Wild y fut donnée par compagnie à 10 hommes plus spécialement chargés de tirailler.

Le système de Wild consistait à employer un nombre, variant de 10 à 16 de rayures peu profondes et moins inclinées qu'on ne les faisait généralement. Le projectile est sphérique et s'enveloppe d'un calepin non graissé. Le vent assez considérable ménagé à la balle rend le chargement facile ; après chaque coup tiré, on verse dans le canon, à l'aide d'une fiole en cuivre, disposée de manière à ne laisser le liquide s'écouler que goutte à goutte, une petite quantité d'eau qui est destinée à laver le canon ; par ce moyen on tire aisément cent coups sans avoir à nettoyer l'arme, qui était d'une justesse au moins égale à toutes celles que l'on employait à cette époque. La balle et le calepin étaient réunis à la cartouche ; on déchirait la cartouche en l'introduisant dans le canon avec son papier, puis on chassait par-dessus balle et calepin. Seulement et pour empêcher que la balle ne pressât trop fortement sur la poudre, la baguette portait un ressaut annulaire qui l'empêchait de pénétrer dans le canon au delà de la limite assignée.

Cette arme fut conservée dans l'armée Badoise jusqu'en 1853.

Fusil rayé de l'infanterie Badoise.

A cette époque, et à la suite d'expériences nombreuses sur la balle à culot de M. Minié, le gouvernement se décida à donner à toute l'infanterie de ligne un fusil rayé tirant la balle à culot ; (voir fig. 110 et 111. Pl. XI). Cette balle a une légère entrée.

Le tableau suivant renferme les données principales de cette arme.

DONNÉES PRINCIPALES du fusil rayé badois.		MESURES BADOISES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	0.60 pouce.	[illegible]
	de la balle	0.56 pouce.	16.8 mm.
Rayures.	Nombre	5	5
	Largeur	0.18 pouce.	5.4 mm.
	Profondeur (uniforme)	0.009 pouce.	[illegible]
	Inclinaison (uniforme), un tour sur	51.87 pouces.	1.556 mèt.
Longueur	du canon	36 pouces.	1.080 mèt.
	de la balle	1 pouce.	30 mm.
Poids	de la charge	»	4.5 gr.
	de la balle	»	29.25 gr.

La hausse du fusil badois est à curseur et semblable à la hausse française ; elle est réglée jusqu'à 1,000 pas (750 m.)

On peut se faire une idée de la justesse de tir du fusil rayé badois modèle 1853, d'après l'examen du tableau suivant donnant les résultats d'un tir exécuté par un détachement de tireurs choisis.

DÉSIGNATION de l'arme.	DIMENSIONS du but.	DISTANCES en mètres.									
		75	150	225	300	375	450	525	600	675	750
Fusil rayé badois, tirant la balle à culot.	1m80 sur 0m5	Pr 0/0. 100	Pr 0/0. 87	Pr 0/0. 66	Pr 0/0. 50	Pr 0/0. 38	Pr 0/0. 29	Pr 0/0. 22	Pr 0/0. 16	Pr 0/0. 11	Pr 0/0. 7
	1m 80 sur 3m	100	100	100	98	84	75	66	57	48	39

Carabine des chasseurs.

La nouvelle carabine des chasseurs, adoptée également en 1853, est construite d'après les mêmes principes. Les seules différences consistent dans la forme de la balle qui n'a pas d'entrée et dans la rayure dont la profondeur est progressive. La carabine porte un sabre-baïonnette. La hausse, au lieu d'être à curseur, est la hausse suisse ; elle est réglée également jusqu'à 1,000 pas (750 m.)

BAVIÈRE. — *Carabine à tige des tirailleurs.*

(Fig. 112 et 113, Pl. XI.)

L'ancienne carabine bavaroise fut remplacée en 1848 par une carabine à tige que l'on donna aux compagnies des tirailleurs des régiments d'infanterie. La tige de cette carabine est terminée par un cône légérement obtus, destiné à favoriser la pénétration dans la balle et par suite le forcement. Il y a trois modèles de cette arme : le n° 1, le n° 2 et le n° 3, tous trois en service dans les mêmes

corps. Cela tient à ce que les rayures venant à se dégrader, on les répare et on repolit le canon, ce qui augmente légèrement le calibre ; la tige est en même temps diminuée ; cette réduction se fait d'une quantité déterminée, et la réparation exécutée, la carabine prend le nom de carabine n° 2 ; cette opération répétée sur le n° 2 donne naissance au n° 3. Il y a également 3 modèles de projectile. Nous ne donnerons dans le tableau suivant que les dimensions du n° 1. Sa balle (fig. 114. Pl. XI) pèse 30 gr. 62 et est obtenue par compression.

TABLEAU DES DONNÉES PRINCIPALES de la carabine à tige des tirailleurs bavarois.			MESURES. BAVAROISES.	MESURES. FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme		0.56 pouce.	14.65 mm.
	de la tige		0.25 pouce.	6.54 mm.
	de la balle		0.56 pouce.	14.65 mm.
Rayures.	Nombre		7	7
	Largeur		0.14 pouce.	3.66 mm.
	Profondeur (uniforme)		0.017 pouce.	0.44 mm.
	Inclinaison (uniforme) : un tour sur		50.76 pouces.	1.326 mèt.
Longueur	du canon		25.38 pouces.	0.664 mèt.
	de la tige	non compris la partie filetée	1. 6 pouce.	41.85 mm.
		y compris la partie filetée	2. 1 pouces.	54.92 mm.
	de l'arme sans baïonnette		39.88 pouces.	1.043 mèt.
	de l'arme avec baïonnette		64.88 pouces.	1.697 mèt.
	de la balle		0.93 pouce.	24.32 mm.
Poids	de l'arme sans baïonnette		6 liv. 5 loth.	3.447 kil.
	de l'arme avec baïonnette		7 liv. 13 loth.	4.147 kil.
	de la charge		1/4 loth.	4.38 gr.
	de la balle		1 loth. 3/4.	30.62 gr.

La carabine de tirailleurs est munie d'une baïonnette (haubajonnet) semblable à celle décrite aux *armes autrichiennes*.

La hausse est composée d'une hausse fixe pour le tir à 200 pas (150) et de deux lamettes à charnière pour les distances de 400 et de 600 pas.

La baguette, (fig. 115. Pl. XI), est fraisée intérieurement à l'une de ses extrémités, afin de ménager l'ogive de la balle ; à l'autre extrémité elle se termine par une tête sphérique en bois, dans le but de mieux tenir à la main dans l'action de forcer la balle sur la tige ; cette baguette n'est pas fixée à l'arme, mais se suspend au fourniment.

Carabine de chasseurs, modèle 1854 (à tige).

En 1852, de nombreuses expériences eurent lieu en Bavière sur une nouvelle arme présentée par la direction de la manufacture royale d'Amberg. Cette carabine, sous le nom de carabine modèle 1854, a été donnée aux 6 bataillons de chasseurs (voir fig. 116. Pl. XI).

La balle (fig. 117. Pl. XI) est faite par compression, et pèse 43 gr. 75.

Comme le modèle précédemment décrit la carabine est à tige. On a supprimé à cette dernière la conicité de sa partie antérieure.

DONNÉES PRINCIPALES DE LA CARABINE DES CHASSEURS, modèle 1854.			MESURES BAVAROISES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	à la bouche	0.655 pouce.	17.13 mm.
		au tonnerre	0.665 pouce.	17.39 mm.
	de la tige		0.34 pouce.	8.89 mm.
	de la balle		0.654 pouce.	17.10 mm.
Rayures	Nombre		4	4
	Largeur		0.315 pouce.	8.24 mm.
	Profondeur (uniforme)		0.018 pouce.	0.47 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur		60 pouces.	1.569 mèt.
Longueur	du canon		34.2 pouces.	0.894 mèt.
	de la tige		1.48 pouce.	38.71 mm.
	de l'arme sans le sabre-baïonnette		48.7 pouces.	1.274 mèt.
	de l'arme avec le sabre-baïonnette		70 pouces.	1.834 mèt.
	de la balle		0.96 pouce.	25.11 mm.
Poids	de l'arme sans le sabre-baïonnette		8 livres.	4.480 kil.
	de l'arme avec le sabre-baïonnette		9 livres 22 loth.	5.425 kil.
	de la charge		9/32 loth.	4.92 gr.
	de la balle		2 1/2 loth.	13.75 gr.

Cette carabine porte un sabre-baïonnette semblable au modèle français.

La hausse (fig. 118. Pl. XI) est disposée de façon à corriger la dérivation; cette amélioration a été empruntée au commandant Minié. Le curseur se trouve engagé dans une fente pratiquée dans le montant gauche de la hausse; en sorte qu'en suivant la courbure de cette directrice, le cran de visière se trouve, à chaque élévation du curseur, transporté à gauche d'une quantité déterminée, de façon à reporter le coup à gauche d'une quantité égale à l'écart à droite que produirait la dérivation.

Comme exemple de la justesse de tir de cette carabine, voici le résultat d'un tir exécuté par un détachement en tenue de route, chargé de trois rations de vivres et venant de faire une marche de six heures.

DÉSIGNATION de l'armes.	DIMENSIONS du but.	DISTANCES EN PAS. 100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Carabine à tige des chasseurs bavarois (modèle 1854).	9 pieds de haut, 18 de large.	Pr 0/0.	Pr 0/0.	Pr 0/0.	Pr 0/0.	Pr 0/0.	Pr 0/0.	Pr 0/0.	Pr 0/0.	Pr 0/0.	Pr 0/0.	Pr 0/0.	Pr 0/0.
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	(2m80 sur 5m60)	100	98	96	95	84	57	52	34	22	21	18	15

BELGIQUE. — *Expériences de Liége en 1839-1841.*

Nous avons déjà vu que des expériences avaient été faites à Liége (1839-1841) par une commission mixte d'officiers belges et russes. Dans ces expériences on compara la carabine Delvigne, la carabine anglaise à ceinture et une carabine du colonel Thierry de l'artillerie française. C'est là où parurent pour la première fois les cannelures sur les balles (voir la balle Delvigne, fig. 9. Pl. II). Le but que se proposait Delvigne, en ajoutant ces appendices annulaires, était de diminuer la surface de frottement dans le canon et de faciliter la ligature de la cartouche : la théorie des résistances directrices créées par les cannelures est due, nous l'avons vu, au capitaine Tamisier. Les résultats furent très-favorables à la carabine Delvigne, ainsi que le montre le tableau suivant du *pour cent* sur 1,200 coups tirés avec chaque arme :

DÉSIGNATION DES ARMES.	DIMENSIONS DU BUT.	DISTANCES EN MÈTRES.			
		200	400	500	600
Carabine Delvigne.		80.5	59	34.5	19
Carabine anglaise à ceinture.	Carré de 2 mètres de côté.	85.2	57.2	29	9.5
Carabine Thierry..		79.7	56	16	3

Toutefois dans les expériences qui eurent lieu presque en même temps en France, le comité français ne se montra pas favorable à M. Delvigne : on se plaignit de ce qu'il arrivait aux projectiles cylindro-coniques de basculer dans leur trajet, et l'on adopta la modification du colonel de Pontcharra. Le contre-coup s'en fit sentir en Belgique, et c'est cette modification qui prévalut.

Carabine Delvigne des chasseurs belges.

La carabine qui fut donnée au régiment de partisans (chasseurs) avait une longueur de canon de 0 m. 92, un calibre de 0 m. 016,9, 6 rayures inclinées au pas de 6 m. et une charge de 4 gr.

L'établissement de cette arme eut lieu presqu'en même temps que le modèle 1842 était adopté en France.

Il en fut de même pour la carabine à tige dont l'adoption en Belgique suivit presqu'immédiatement la création du modèle 1846 français.

Les Belges ont du reste une très-grande facilité à suivre le mouvement que subissent les armes étrangères ; il leur suffit de parcourir à Liége les établissements des fabricants d'armes. Dans cette ville, unique en ce monde, toute arme nouvelle se trouve fabriquée presque simultanément avec sa création dans un autre pays, soit que l'inventeur fasse lui-même établir là quelques modèles, soit que son gouvernement lui-même y fasse une commande pressée. Tous les gouvernements, la France peut être exceptée, ont fait et font encore construire là des armes de guerre.

Carabine à tige des chasseurs-carabiniers.

La carabine à tige belge (fig. 119, 120 et 121. Pl. XII) présente quelques différences avec la carabine française surtout extérieurement, le canon

étant rélié au bois par des tiroirs. Le sabre-baïonnette, au lieu d'affecter la forme d'un yatagan, est à lame droite. Au lieu d'une queue de culasse, il y a une bascule. La balle, cylindro-ogivale (fig. 122. Pl. XII), pèse 49 gr.

Quelques-unes des premières carabines à tige belges, au lieu d'avoir des rayures progressives en profondeur les avaient uniformes ; mais pour obtenir le même résultat comme forcement, le canon lui-même allait en diminuant de 0 m. 002 du tonnerre à la bouche.

Données principales de la carabine à tige des chasseurs-carabiniers.			MESURES métriques.
Calibre...	de l'arme		17.5 mm.
	de la tige.		9 mm.
	de la balle		17.3 mm.
Rayures...	Nombre.		4
	Largeur		6.5 mm.
	Profondeur	au tonnerre	0.5 mm.
		à la bouche	0.3 mm.
	Inclinaison (uniforme)		2 mèt.
Longueur.	du canon		0.866 mèt.
	de la tige (au dessus du bouton de culasse).		29 mm.
	de l'arme sans le sabre-baïonnette		1.28 mèt.
	de l'arme avec le sabre-baïonnette		1.90 mèt.
	de la balle		[illegible] mm.
Poids . . .	de l'arme sans le sabre-baïonnette		4.825 kil.
	de l'arme avec le sabre-baïonnette		5.575 kil.
	de la charge		4 gr.
	de la balle		49 gr.

La hausse de la carabine à tige, réglée de 50 pas

en 50 pas jusqu'à 1,200 pas (900 mètres), est semblable à la hausse française.

Fusil rayé de l'infanterie.

Peu après la proposition de M. Minié, relative à la balle à culot, des essais furent commencés en Belgique sur le tir de ces projectiles. Il est probable que leur adoption s'en serait suivie, malgré les accidents fâcheux inhérents à ce système, lorsque, pour obvier à ces inconvénients, un ouvrier belge employé à la manufacture d'armes, M. Peeters, présenta une balle de son invention. Cette balle supprimait la complication du culot et portait intérieurement, et partant du fond de l'évidement, un noyau tron-conique jouant le même rôle régularisateur de l'action des gaz que le téton de la balle Nessler (fig. 76. Pl. VII). Après quelques essais opérés sous la direction du colonel, maintenant général Timmerhans, directeur de la manufacture royale de Liège, on modifia légèrement certaines dimensions relatives de l'évidement et du noyau, et on s'arrêta définitivement à la balle indiquée fig. 123. Pl. XII.

Le projectile déterminé, les fusils rayés du modèle suivant (fig. 124, 125 et 126. Pl. XII) furent adoptés pour l'infanterie.

Tableau des données principales du fusil rayé belge.			MESURES métriques.
Calibre	de l'arme		17,5 mm.
	de la balle		17,1 mm.
Rayures.	Nombre.		4
	Largeur.		6,5 mm.
	Profondeur	au tonnerre.	0,25 mm.
		à la bouche.	0,15 mm.
	Inclinaison (uniforme), un tour sur.		2 mèt.
Longueur	du canon		1,07 mèt.
	de l'arme sans la baïonnette.		1,47 mèt.
	de l'arme avec la baïonnette.		1,93 mèt.
	de la balle.		30,6 mm.
Poids	de l'arme sans la baïonnette.		4,146 kil.
	de l'arme avec la baïonnette.		4,496 kil.
	de la charge.		5,5 gr.
	de la balle.		47,7 gr.

La hausse de fusil (fig. 127 et 128. Pl. XII) se compose d'un montant jouant à charnière sur le canon ; ce montant est construit en équerre et donne trois lignes de mire : la première passe par l'encoche du petit bras du montant, la hausse étant couchée ; la hausse étant dressée, la deuxième ligne de mire passe par la fenêtre du montant, et la troisième par l'encoche du bord supérieur du montant. Ces trois lignes de mire règlent, d'une façon assez compliquée, le tir jusqu'à 650 pas (487 mètres). Cette arme donne de bons résultats

jusqu'à 1,200; on s'est donc privé de 600 pas de tir efficace pour satisfaire à la crainte du gaspillage des munitions. L'application de cette théorie n'a été surpassée qu'en France.

Le fusil rayé est l'armement de toute l'infanterie belge (1).

Le tableau suivant donne les résultats d'un tir comparatif exécuté en octobre et novembre 1851 au camp de Beverloo, entre 50 carabines à tige tirant la balle oblongue et 50 fusils rayés tirant la balle expansive.

TABLEAU DES POUR CENT,
Tir exécuté sur un but de 1m80 sur 6m.

ARMES EMPLOYÉES.	DISTANCES EN PAS DE 0m75.									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Carabine à tige.........	77	68	70	49	38	25	19	31	12	7
Fusil rayé............	84	60	52	51	44	37	13	21	20	13

(1) En Belgique, il y a trois régiments de chasseurs : il n'y a que le 1er, dit chasseurs-carabiniers, qui soit armé de la carabine à tige; les 2e et 3e régiments, ainsi que les grenadiers, ne diffèrent de la ligne que par l'uniforme et le choix des hommes.

Dans ce tir il paraît que les cartouches de la carabine étaient mal confectionnées, tandis que celles du fusil avaient été fort bien soignées. Le tir suivant, fait il est vrai par des tireurs choisis (à Beverloo en 1848), donnerait une idée plus exacte de la justesse de la carabine (1). Le but avait 1 m. 80 de haut sur 12 m. de largeur.

ARME EMPLOYÉE.	Distances en pas de 0.75 m.											
Carabine à tige.	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Pour cent obtenu.	100	100	100	100	96	96	96	90	89	79	45	22

BRUNSWICK. — *Fusil ovale.*

Nous avons déjà dit quelques mots, au commencement du Chap. IV, de l'invention du major Berner et de l'introduction en Angleterre de la carabine à ceinture. Le système Berner pur, tel qu'il

(1) Gillion, *Cours élémentaires sur les armes portatives*, page 326.

fut adopté en Brunswick, est un peu plus compliqué. Le canon a deux rayures (fig. 129, 130 et 131. Pl. XII); elles vont en diminuant de largeur, du tonnerre à un certain point, où elles se fondent dans l'ovale du canon, de manière à ce que l'âme devienne purement elliptique. Il y avait trois projectiles différents : l'un ovale, formé de la juxtaposition de 2 segments de sphère, les deux autres sphériques; l'un de ces derniers se tirait comme le premier avec un calepin ; le troisième complètement libre, appelé balle roulante, se tirait comme dans les armes ordinaires. Plus tard on en est revenu à deux formes toutes deux sphériques, l'une se tirant avec calepin et l'autre nue ; la charge diffère pour les deux.

Données principales du fusil ovale de l'infanterie brunswickoise.	MESURES BRUNSWICKOISES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre — de l'arme	0.61 pouce.	15.9 mm.
Calibre — de la balle — n° 1 à calepin	0.60 pouce.	15.71 mm.
Calibre — de la balle — n° 2 roulante	0.58 pouce	15.18 mm.
Rayures — Nombre	2	2
Rayures — Largeur — au tonnerre	0.53 pouce.	13.8 mm.
Rayures — Largeur — à 130 mm. du tonnerre	0.28 pouce.	7.33 mm.
Rayures — Largeur — à la bouche se confond avec l'ovale que forme la section	»	»
Rayures — Profondeur	0.02 pouce.	0.52 mm.
Rayures — Inclinaison (uniforme) : un tour sur	»	1.344 mèt.
Longueur du canon	38.5 pouces.	1.008 mèt.
Poids — de l'arme sans baïonnette	10.04 livres.	4.69 kil.
Poids — de la charge — pour le n° 1	0.29 loth.	4.37 gr.
Poids — de la charge — pour le n° 2	0.37 loth.	5.47 gr.
Poids — de la balle — n° 1	»	23.8 gr.
Poids — de la balle — n° 2	»	20.8 gr.

La hausse de cette arme est à lamettes.

Danemarck.

Depuis 1829 le Danemarck se servait d'une carabine qui était donnée aux bataillons de chasseurs ainsi qu'aux sous-officiers des régiments d'infanterie. Cette arme, du calibre de 15 mm. 5, avait huit rayures au pas de 0 m. 61, et tirait la balle sphérique. Aucun renseignement précis ne nous permet de décrire le nouvel armement qui doit avoir subi des changements en rapport avec le progrès actuel ; ainsi il est constant que dès 1849, dans la guerre des duchés, les Danois employaient, dans une assez forte proportion, des projectiles cylindro-coniques (fig. 132. Pl. XIII).

Dessau (duché d'Anhalt). —*Fusil rayé. Modèle* 1855.

Depuis 1855 le duché d'Anhalt-Dessau a adopté un nouveau fusil rayé, semblable au fusil autrichien et de même calibre. Le projectile (fig. 133. Pl. XIII), également du système Wilkinson-Torenz, n'a qu'une seule cannelure et pèse 30 grammes ; sa charge de poudre est de 5 grammes. Le fusil d'Anhalt-Dessau donne d'excellents résultats comme tir.

ESPAGNE. — *Fusil rayé. Modèle* 1852.

Depuis 1852 l'Espagne a adopté pour ses 15 bataillons de chasseurs, un fusil rayé tirant la balle à culot. La balle était du calibre de 14 mm. 9 et sa hauteur de 25 mm. En 1855, le culot fut abandonné et la balle modifiée au système Peeters (fig. 134. Pl. XIII). Voici les données principales du fusil rayé modèle 1852, (voir fig. 135, 136, 137. Pl. XIII) ; les rayures actuellement progressives en profondeur avaient primitivement une profondeur uniforme de 0 mm. 5.

Données principales du fusil rayé espagnol.

Calibre. .	de l'arme		15.2 mm.
	de la balle		14.9 mm.
Rayures.	Nombre		4
	Largeur		5.7 mm.
	Profondeur	au tonnerre	0.8 mm.
		à la bouche	0 5 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur.		1.68 mèt.
Longueur	du canon		0.84 mèt.
	de la balle		26 2 mm.
Poids. . .	de l'arme sans baïonnette		3.80 kil.
	de la charge		4.5 gr.
	de la balle		29 gr.

Il avait été question, à la fin de 1855, de donner le fusil rayé à toute l'infanterie, et de donner aux chasseurs une carabine plus courte et ti-

rant un projectile évidé. Nous ne savons si des expériences ont été faites à ce sujet et s'il a été donné quelque suite à ce projet.

HANOVRE. — *Fusil rayé à tige.*

L'infanterie hanovrienne, qui avait d'abord adopté le système Berner, possède actuellement deux modèles d'armes rayées. Tous les sous-officiers dans l'infanterie de ligne, et les sous-officiers et soldats des compagnies de tirailleurs sont armés du fusil rayé à tige (fig. 138 et 139. Pl. XIII). Le projectile cylindro-conique (fig. 140. Pl. XIII), est du poids de 29 grammes. La hausse est à lamettes.

DONNÉES PRINCIPALES du fusil rayé hanovrien (à tige).		MESURES HANOVRIENNES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	0.615 pouce.	15.7 mm.
	de la tige	0.322 pouce.	7.8 mm.
	de la balle	0.630 pouce.	15.5 mm.
Rayures.	Nombre	7	7
	Largeur	0.125 pouce.	3.08 mm.
	Profondeur	»	0.35 mm.
	Inclinaison (uniforme), un tour sur	»	1.364 mèt.
Longueur	du canon	42 pouces.	1.093 mèt.
	de la tige	0.967 pouce.	23.6 mm.
	de l'arme sans baïonnette	59 pouces.	1.436 mèt.
	de la balle	0.833 pouce.	20.3 mm.
Poids. .	de l'arme sans baïonnette	9 livres 29 loth.	4.80 kil.
	de la charge	1/4 loth.	4.8 gr.
	de la balle	1.88 loth.	28.8 gr.

des expériences multipliées ont prouvé que, pour les vitesses très-grandes des projectiles de l'artillerie, la résistance de l'air croît plus rapidement que ne le suppose la loi newtonienne, il est devenu nécessaire d'étudier la question balistique avec d'autres lois de résistance plus conformes à la réalité.

Euler, dans ses commentaires sur les œuvres de Benjamin Robins, en artillerie, a bien essayé de déterminer la trajectoire des projectiles, dans l'hypothèse d'une résistance proportionnelle au carré et à la 4ᵉ puissance de la vitesse; mais les séries auxquelles il est arrivé, n'étant généralement par convergentes, ne peuvent servir à résoudre la question. Et nous voyons que ce grand géomètre, revenant sur le même sujet dans les mémoires de l'académie de Berlin (année 1753), renonça à cette formule de résistance pour s'en tenir à la loi ordinaire du carré de la vitesse.

Charles Hutton qui fit, vers la fin du siècle

[redacted]

dernier, beaucoup d'expériences sur la résistance de l'air, démontrant qu'il faut pour l'exprimer une puissance supérieure à la seconde, ne donne point l'équation de la trajectoire, et la calcule, comme Lombard, par une méthode d'approximation qui n'est applicable qu'au tir peu élevé. De fait, cette méthode consiste à imaginer que le boulet se meut en ligne droite, et à déterminer la quantité de son abaissement à chaque point, en la déduisant du temps employé pour y arriver. Dans ces derniers temps, M. Didion à qui nous sommes redevables de recherches très-importantes entreprises avec MM. Piobert et Morin, sur la résistance des milieux, a donné dans son traité de balistique (Paris, 1848) des formules pour calculer le mouvement des projectiles dans un milieu qui résiste en raison du carré et du cube de la vitesse. Mais je ne crois pas ces formules applicables au tir sous de grands angles, la méthode dont il se sert consistant à substituer à la valeur variable du cosinus de l'angle formé par la tangente

à la trajectoire avec l'horizon, une valeur moyenne constante. Or, quand l'angle de projection est assez grand, la variation du cosinus est trop considérable dans l'étendue de la courbe pour qu'on puisse le considérer comme constant. Si, par exemple, l'angle de projection est de 45°, le cosinus varie dans le rapport de 1 à $\sqrt{2}$ dans la branche ascendante et plus encore dans la branche descendante. Une pareille méthode est souvent employée pour le tir sous de petits angles dans l'hypothèse usuelle de la résistance; mais il ne vient à la pensée de personne de la proposer pour le calcul du tir élevé.

On voit donc que la question balistique est loin d'être épuisée et qu'il n'est pas hors de propos de la reprendre pour l'étendre à des lois plus compliquées que la loi newtonienne.

Il serait de la première importance de savoir si les propriétés connues de la trajectoire dans l'hypothèse du carré de la vitesse

sont encore les mêmes avec d'autres lois de la résistance, ou quelles modifications elles viennent alors à subir. Il serait ensuite à désirer qu'en l'absence d'une solution sous forme finie, on pût au moins évaluer numériquement, avec une approximation illimitée, les diverses circonstances du mouvement dans un milieu dont on connaîtrait la loi de résistance.

Dans le présent mémoire j'ai cherché à résoudre ces deux questions. J'ai cru que cette œuvre méritait que j'y adjoignisse la solution de quelques autres points de balistique, afin d'en former un tout qui pût être de quelqu'utilité dans la pratique.

Cet écrit est divisé en six chapitres :

Le premier renferme l'exposition des équations générales du mouvement d'un projectile dans un milieu résistant, indépendamment de toute hypothèse sur la résistance.

Dans le second on s'occupe du mouvement

rectiligne qui se présente toutes les fois que la perte de poids du projectile due au milieu est égale à son propre poids, ou que la vitesse initiale est verticale.

Le troisième s'occupe de la discussion de la trajectoire sans s'astreindre à aucune loi déterminée de résistance, et dans la seule hypothèse que la résistance est une fonction de la vitesse, croissant d'une manière continue quand la vitesse croît, et devenant infinie en même temps qu'elle.

Dans le quatrième on trouve l'analyse de quelques cas qu'on peut réduire aux quadratures ou intégrer sous forme finie.

Le cinquième donne diverses méthodes d'approximation servant à obtenir des valeurs indéfiniment approchées des éléments du mouvement et à tracer la trajectoire, quelle que soit la loi de la résistance, quand même elle ne pourrait être exprimée mathématiquement.

Le sixième comprend l'application à la pratique de l'artillerie des formules obtenues.

Dans une note finale, on trouve le calcul d'un cas particulier et la comparaison des différentes méthodes d'approximation.

CHAPITRE Ier.

ÉQUATIONS GÉNÉRALES DU MOUVEMENT D'UN PROJECTILE DANS UN MILIEU RÉSISTANT.

I. Un projectile qui se meut dans un milieu résistant est sollicité par deux espèces de forces : la *pesanteur*, qui agit sur toutes les particules, et la *résistance*, qui s'exerce sur tous les points de la surface.

En vertu d'un théorème connu, que *le centre de gravité d'un corps se meut, comme si toute la masse y était concentrée, et toutes les forces extérieures ap-*

pliquées en ce même centre, chacune suivant sa direction propre, le mouvement progressif du projectile est le même que celui d'un point matériel de masse égale, auquel serait appliquée la résultante de la *pesanteur* et de la *résistance.*

La pesanteur varie suivant la distance au centre de la terre ; sa direction est verticale ; mais dans les mouvements des projectiles, on peut, sans erreur sensible, supposer qu'elle est constante et qu'elle exerce son action suivant des droites parallèles entre elles, vu le peu d'étendue de la courbe décrite par rapport au rayon du globe terrestre.

La résistance dépend en général de la nature et de la densité du milieu, de la forme du projectile, de la vitesse des divers éléments de sa surface et des condensations ou dilatations du milieu en contact avec ces éléments. Elle peut avoir une direction différente de celle de l'élément de la courbe décrite par le centre de gravité du projectile : ce qui arrive toutes les fois que le mouvement progressif est accompagné d'un mouvement rotatoire. Mais je suppose ici que la résistance est constamment tangente à la courbe décrite par le centre de gravité.

Cette hypothèse est justifiée quand le projectile

est une sphère homogène, ou composée de couches concentriques homogènes, et qu'on ne lui a communiqué aucune rotation initiale.

Dans cet écrit, je considère donc le projectile comme un point matériel où se trouve concentrée toute la masse, et auquel sont appliqués et le poids du projectile verticalement et la résistance dirigée continuellement dans un sens opposé à la vitesse. Si le milieu résistant dans lequel se meut le projectile est un fluide, il faut avoir égard à la perte de poids qu'il éprouve dans ce fluide; laquelle, suivant le principe d'Archimède, est égale au poids du fluide déplacé.

Une circonstance, dont il convient en outre de tenir compte, est relative à la *proue* ou à la *poupe fluide* qui accompagne les corps en mouvement dans les fluides. Le volume du fluide, qu'entraîne avec lui un projectile, paraît être indépendant de la nature et de la densité du fluide et du corps, ainsi que de leurs vitesses relatives et ne dépendre que de la forme du corps. Dubuat, qui fut le premier à signaler ce phénomène, trouva qu'une sphère qui oscille, soit dans l'air, soit dans l'eau, entraîne avec elle un volume de fluide égal aux six dixièmes

environ de son volume. A quelque légère différence près due à la nature et aux dimensions des appareils, ce résultat s'accorde avec ceux qu'ont obtenus ultérieurement Bessel, Saborce et Baisy, dans des expériences sur les oscillations du pendule. Poisson et Plana sont arrivés à des conséquences peu différentes par le secours de l'analyse.

II. Arrivant à la recherche des équations du mouvement d'un corps pesant dans un milieu résistant, il convient d'examiner d'abord si la trajectoire est à simple ou double courbure. Qu'on fasse passer un plan vertical par un élément quelconque de la courbe ; que l'on considère les forces (le poids et la résistance) qui modifient le mouvement et en vertu desquelles l'élément suivant est décrit, on remarque qu'elles agissent toutes deux dans le plan dont il est question : il en résulte que le second élément y sera également compris. Appliquant le même raisonnement à tous les éléments consécutifs de la trajectoire, on arrive à conclure que celle-ci est tout entière dans le même plan vertical.

Ceci posé, soit P le poids du projectile dans le vide ; π la perte de poids qu'il éprouve dans le mi-

lieu, perte égale au poids du volume du fluide qu'il déplace.

Les forces qui sollicitent le projectile en mouvement sont : la pesanteur relative $P - \pi$ et la résistance du milieu R. Si on décompose la force verticale $P - \pi$ suivant deux directions, l'une tangente, l'autre normale à la courbe, en désignant par θ l'angle formé par la tangente avec l'horizon, on obtient :

$(P - \Pi)$ sin. θ pour la composante tangentielle.

$(P - \Pi)$ cos. θ pour la composante normale.

La résistance agissant toujours suivant la tangente, le projectile est donc sollicité dans cette direction par la force

$$T = -R - (P - \Pi) \sin. \theta,$$

et dans le sens de la normale par la force

$$N = (P - \Pi) \cos. \theta.$$

Or, les principes de la mécanique nous enseignent qu'en réduisant toutes les forces qui sollicitent un corps à deux T et N suivant la tangente et la normale, on a :

$$m \frac{du}{dt} = T,$$

$$m \frac{u^2}{\rho} = N,$$

dans lesquelles m est la masse du corps en question, u la vitesse à un instant quelconque t, ρ le rayon de courbure de l'arc décrit à cet instant.

Dans le cas actuel, m se compose de la masse du projectile et de celle du fluide entraîné. En désignant donc par $\lambda\,\Pi$ le poids de la masse fluide qui est constamment en contact avec le projectile, par G la pesanteur dans le vide (à Turin $G = 9^{m}.\ 80517$), on a :

$$m = \frac{P + \lambda \Pi}{G}.$$

Substituant à M, T, N leurs valeurs, on trouve :

$$\frac{du}{dt} = -G \frac{R}{P + \lambda \Pi} - G \frac{P - \Pi}{P + \lambda \Pi} \sin.\ \theta,$$

$$\frac{u^2}{\rho} = G \frac{P - \Pi}{P + \lambda \Pi} \cos.\ \theta.$$

Ces deux équations renferment la détermination complète du mouvement.

Qu'on pose

$$r = G\,\frac{R}{P + \lambda\Pi}, \qquad g = G\,\frac{P - \Pi}{P + \lambda\Pi},$$

et l'on aura :

$$[1] \ldots\ldots \quad \frac{du}{dt} = -r - g \sin.\theta,$$

$$[2] \ldots\ldots \quad \frac{u^2}{\rho} = g \cos.\theta.$$

Les quantités r et g sont linéaires et comparables entre elles, en observant que la première varie d'un instant à l'autre, et que la seconde est constante, si le milieu est homogène et si l'on néglige la variation de la pesanteur.

Quand la densité du milieu est très-petite relativement à celle du projectile, comme il arrive dans la plupart des questions de balistique, on peut négliger Π en présence de P, et alors prendre :

$$r = G\frac{R}{P} \qquad \text{et} \quad = g\,G.$$

Les projectiles de l'artillerie sont environ 6,000 fois plus denses que l'air, s'ils sont pleins ; et 4,000

fois, s'ils sont creux. On peut donc fort bien, dans l'investigation des lois de leur mouvement, négliger le poids de l'air, soit déplacé, soit entraîné.

Il ne serait plus permis d'en agir ainsi dans certains cas, comme par exemple, quand l'eau est le milieu résistant, ou quand il est question de corps égers et creux, comme les ballons aérostatiques, etc.

Revenant à la trajectoire, l'on voit que

Si $P > \pi$ ainsi que $g > 0$, chaque point de la courbe est situé au dessous de la tangente à la courbe au point qui le précède ; et en effet, les deux forces qui sollicitent le mobile, l'une (la résistance) a pour effet de le retarder suivant la direction tangentielle ; l'autre (la pesanteur) tend continuellement à l'abaisser au dessous de la tangente ; de sorte que la trajectoire sera une ligne courbe concave du côté de l'horizon.

Si $P = \pi$, en même temps que $g = 0$, tous les points décrits pour le mobile doivent se trouver sur la même direction, puisqu'alors il n'est plus sollicité que par une seule force qui agit constamment dans la direction de son mouvement.

Si $P < \Pi$ ainsi que $g < 0$, la courbe présentera sa convexité vers l'horizon.

La solution du dernier cas rentre dans le premier, puisqu'il suffit de renverser la forme de la trajectoire pour les rendre identiques.

Supposons que la courbe tourne sa concavité à l'horizon, si ds est l'arc élémentaire, le rayon osculateur a pour expression

$$\rho = \frac{ds}{-d\theta}.$$

Substituant cette valeur dans l'équation [2], on a :

$$-u^2 \frac{d\theta}{ds} = g \cos.\theta$$

D'où :

[3]. . . . . $$ds = -\frac{u^2}{g} \cdot \frac{d\theta}{\cos.\theta}.$$

Si on rapporte la position du projectile à deux axes rectangulaires, l'axe des x horizontal et celui des y vertical et de sens opposé à la pesanteur, il vient :

[4]. . . . . $$dx = ds \cos.\theta = - \cdot \frac{u^2}{g} d\theta,$$

$$[5]. \dots \quad dy = ds \sin.\theta = -\frac{u^2}{g}\,\text{tang.}\,\theta.\,d\theta.$$

Il est en outre évident que

$$[6]. \dots\dots \quad dt = \frac{ds}{u} = -\frac{u}{g}\cdot\frac{d\theta}{\cos.\theta},$$

et $$[7]. \dots\dots\dots \quad \rho = \frac{u^2}{g}\cdot\frac{1}{\cos.\theta}.$$

Si on avait la vitesse u en fonction de l'angle θ, les équations [3], [4], [5], [6], [7] fourniraient après l'intégration les valeurs de s, x, y, t, ρ en fonction de θ et l'élimination de θ entre les équations [4], [5] donnerait l'équation de la trajectoire.

Pour avoir la valeur de u par rapport à θ, qu'on mette la valeur dt [6] dans l'équation [1], on trouve :

$$[8]. \dots\dots \quad \frac{du}{d\theta} = \frac{u}{\cos.\theta}\left(\frac{r}{g} + \sin.\theta\right),$$

d'où :

$$[9]. \dots\dots\dots \quad \frac{r}{g} = \frac{d(u\cos.\theta)}{u\,d\theta}$$

Remarquons que

$$\frac{r}{g} = \frac{R}{P - \Pi};$$

ainsi l'équation [9] détermine le rapport qui existe entre la résistance et le poids relatif du projectile.

Quand on donnera r en fonction de u, l'équation [8] ou [9] déterminera u en fonction de θ.

Au moyen des équations précédentes, quand de trois choses (la loi de la résistance, la trajectoire, la loi de la vitesse), on en connaîtra une, les deux autres seront déterminées.

La question directe, c'est-à-dire celle où, connaissant la loi des forces qui sollicitent le mobile, il s'agit de déterminer toutes les circonstances de son mouvement, est la plus importante : sa solution demande premièrement l'intégration de l'équation différentielle [8] du premier ordre entre les deux variables u et θ, puis l'intégration des formules différentielles [3], [4], [5], [6] du premier ordre à une seule variable (l'angle θ). Ces intégrations donneront lieu à des difficultés analytiques plus ou moins grandes, que l'imperfection du calcul intégral pourra rendre souvent insurmontables.

La question inverse, c'est-à-dire celle qui a pour

objet, étant données les circonstances caractéristiques du mouvement, de découvrir la loi des forces qui l'ont produit, est beaucoup plus simple, considérée analytiquement ; puisque la solution se réduit uniquement à la différentiation.

Si, par exemple, la courbe est donnée au moyen d'ordonnées y en fonction d'x, on peut avoir immédiatement la vitesse, le temps et la résistance en fonction de l'abscisse, à l'aide des formules suivantes :

$$[10] \ldots\ldots \quad u = \frac{\sqrt{g}.\sqrt{1+y'^2}}{\sqrt{-y''}},$$

$$[11] \ldots\ldots \quad t' = \sqrt{\frac{-y''}{g}};$$

$$[12] \ldots\ldots \quad \frac{r}{g} = -\frac{y'''\sqrt{1+y'^2}}{2y''^2}.$$

dans lesquelles y', y'', y''', t' sont les dérivées de y, t par rapport à x.

Ces formules se déduisent des équations développées plus haut de la manière suivante :

On a :

$$\text{Tang. } \theta \times y'.$$

Différentiant par rapport à θ, il vient :

$$\frac{1}{\cos.^2\theta} = y'' \frac{dx}{d\theta};$$

Et substituant à $\frac{dx}{d\theta}$ sa valeur, tirée de l'équation (4),

$$\frac{1}{\cos.^2\theta} = -\frac{u^2}{g} y''.$$

d'où, pour la vitesse horizontale, l'expression :

$$u \cos.\theta = \sqrt{-\frac{g}{y''}}.$$

Et puisque :

$$\cos.\theta = \frac{1}{\sqrt{1+y'^2}},$$

on obtient :

$$u = \frac{\sqrt{g}.\sqrt{1+y'^2}}{\sqrt{-y''}}.$$

Pour avoir le temps, il suffit d'observer que

$$u \cos.\theta = \frac{dx}{dt},$$

d'où

$$t' = \sqrt{-\frac{y''}{g}}.$$

Prenant l'équation [9], on trouve l'expression de la résistance, en différentiant la valeur déjà obtenue de u cos. θ par rapport à θ et il vient :

$$\frac{d\,(u \cos.\theta)}{d\theta} = \frac{g}{2}\cdot\frac{\frac{y'''}{y''^2}}{\sqrt{\frac{-g}{y''}}}\cdot\frac{dx}{d\theta} = -\frac{u^2}{2}\cdot\frac{\frac{y'''}{y''^2}}{\sqrt{\frac{-g}{y''}}} = u\frac{r}{g},$$

d'où :

$$\frac{r}{g} = -\frac{y'''\sqrt{1+y'^2}}{y''2^2}.$$

Le problême de la détermination de la résistance d'un milieu, quand le projectile décrit une courbe donnée, fut traité pour la première fois par Newton et repris ensuite par Lagrange dans sa théorie des fonctions analytiques 3e partie, chap. IV. Ce dernier indique la véritable cause de la méprise com-

mise à ce sujet par Newton dans sa première édition des principes. L'erreur de Newton consiste en ce que dans l'expression qu'il a trouvée de la résistance, le dénominateur renferme $3y''^2$ au lieu de $2y''^2$.

L'INDE ET LES CIPAYES.

—

ARMÉE.

L'armée des Indes se compose de deux éléments distincts : les troupes royales d'une part, et de l'autre, les troupes de la Compagnie. Celles-ci comprennent elles-mêmes deux éléments : les Européens et les natifs.

Commençons par les troupes royales :

Afin d'éviter les dépenses considérables qu'occasionne l'envoi des troupes d'Angleterre au Bengale, chaque régiment anglais doit servir quinze ans dans l'Inde avant de revoir la mère-patrie. Pour acclimater les hommes, on commence par

les envoyer en garnison au cap de Bonne-Espé-rance, à Malte, ou bien à Gibraltar.

Outre leur paye ordinaire, les officiers des troupes royales reçoivent un supplément de solde, alloué par la Compagnie, qui porte leur traitement au même chiffre que celui des officiers de *cipayes*. Néanmoins, les deux armées restent toujours séparées. Les officiers de l'une ne peuvent passer dans l'autre. Lorsque, dans une compagnie, deux officiers du même grade et d'armée différente se trouvent en présence, le commandement appartient au plus âgé.

Quant aux soldats de la reine, ils reçoivent une paye de quinze roupies par mois. On leur donne, en outre, soit un supplément connu sous le nom de *batta*, soit une abondante ration de pain, viande, sel, thé, rhum et bière. Aussi peuvent-ils s'accorder certaines habitudes de bien-être, que le climat rend presque nécessaires. Ils ont des domestiques, des natifs, qui font leur cuisine, nettoient les fourniments, plantent les tentes, et font toutes les corvées de ce genre.

Malheureusement, le climat et les excès de table, funestes consolations de l'ennui et de l'oisiveté, font payer bien cher aux pauvres soldats l'aug-

mentation de leur solde. Un sixième des hommes de chaque régiment figure habituellement sur les registres de l'hôpital. La mortalité des soldats est d'environ *huit pour cent*, celle des officiers de *trois pour cent*.

Dans l'armée de la Compagnie, l'avancement a lieu à l'ancienneté. Depuis quelques années seulement, l'introduction du *brevet* permet de récompenser les actions d'éclat, et de dédommager les officiers dont le tour tarde trop à venir. Après seize années de service, le lieutenant devient de droit capitaine par brevet, et le capitaine passe major au bout de vingt-deux ans. Mais ce brevet, purement honorifique, ne donne aucune augmentation d'appointements et ne confère le commandement que lors de la réunion de plusieurs régiments.

Quoique le système de *purchase* (achat) établi dans l'armée royale ne soit pas admis dans les troupes de la Compagnie, le gouvernement ferme les yeux pour que les officiers puissent en profiter. Lorsqu'un major, par exemple, est disposé à donner sa démission, au lieu d'attendre le moment forcé de sa mise à la retraite, les officiers des gra-

des inférieurs du même régiment se cotisent pour acheter son départ.

Ainsi, le *senior* capitaine destiné à devenir major paiera de huit à quinze mille roupies (la *roupie* vaut environ 2 fr. 50) ; le *senior* lieutenant, qui va passer capitaine, en donnera trois à quatre mille ; et le *senior* enseigne ou sous-lieutenant, mille à quinze cents. L'avancement a lieu, dans le même régiment, jusqu'au grade de lieutenant-colonel, à partir duquel l'ancienneté décide entre les officiers des trois présidences.

Avant d'aller plus loin et d'aborder la question si importante en ce moment de soldats indigènes ou *cipayes* (en anglais *sepoys*), voyons quels sont les débuts de l'officier dans l'armée de la Compagnie.

Les commissions ou brevets d'officier sont données par les membres de la Cour des Directeurs. On calcule qu'il s'en délivre en moyenne deux cent quatre-vingts par an, et que les trois cinquièmes de ces brevets sont accordés à des fils d'officiers des deux armées, ainsi qu'à des enfants de fonctionnaires civils de l'Inde.

On ne demande aux candidats d'autres conditions que de se trouver dans la limite d'âge de

seize à vingt ans, et d'avoir fait leurs études dans quelque collége.

Une fois nommé, le jeune officier, le *griffin* comme on l'appelle familièrement, vient passer deux ou trois mois au fort Williams. De là, il part pour son régiment. Il y reçoit d'un sergent instructeur le peu de connaissances militaires exigées des officiers de la Compagnie.

Rien n'encourage d'ailleurs les officiers à perfectionner leur instruction militaire, car la Compagnie ne récompense guère que les talents qui peuvent servir dans les emplois civils, tels que les langues orientales, la topographie, la jurisprudence, le commerce, etc.

Le traitement d'un lieutenant-colonel est de 1,032 roupies (2,580 francs) par mois; un major reçoit 780 roupies; un capitaine, 415; un lieutenant, 256; un enseigne, 202.

Ce qui augmente beaucoup les appointements des officiers, c'est que le commandement d'un régiment donne droit à un supplément de solde de 400 roupies par mois. Celui d'une compagnie rapporte 50 roupies,

Comme les régiments indigènes sont fort dépourvus d'officiers par suite de nominations à des

fonctions civiles, de maladies, de congés, etc., il arrive souvent qu'un capitaine commande un régiment, tandis que des lieutenants commandent des compagnies.

La retraite représente pour chaque officier un tiers au moins de sa solde. S'il consent à passer dans le *invalid establishment* (avec obligation de résider dans l'Inde), son traitement lui est conservé tout entier.

Des caisses particulières de prévoyance, indépendantes de la compagnie, mais richement subventionnées par elle, servent des pensions aux veuves et aux enfants des officiers moyennant une retenue opérée sur les traitements.

Le taux de ces pensions est de 8 à 9,000 roupies pour la veuve d'un colonel; de 7 à 8,000 pour celle d'un lieutenant-colonel, et de 3 à 4,000 pour la veuve d'un capitaine.

En Europe, les appointements des officiers de la Compagnie nous semblent énormes. Dans l'Inde, ils ne sont que suffisants, par suite du genre de vie et du train de maison que l'usage et le climat imposent aux Européens. La plupart d'entre eux, d'abord, entrent au régiment avec des dettes, et Dieu sait quels énormes intérêts font payer les

usuriers indiens! Puis ils se marient avec des femmes presque toutes sans fortune. Leurs seules distractions sont celles de la table, plus dispendieuses dans l'Inde que partout ailleurs, auxquelles se joignent encore les plaisirs du sport qui coûtent aussi fort cher à cause de l'attirail considérable qu'ils nécessitent.

Les célibataires surtout, lorsqu'ils ont atteint un certain grade, peuvent économiser plus facilement que les gens mariés, grâce à l'organisation des *mess*. On appelle ainsi la table à laquelle doivent se réunir au dîner et au tiffin (*lunch* indien) tous les officiers non mariés du même régiment. Son organisation diffère un peu des *mess* de l'armée royale. Chaque *mess* a ses domestiques, sa vaisselle, son linge, sa basse-cour et souvent ses bestiaux. Le corps des officiers administre lui-même sa *mess*, dont la dépense est, à la fin du mois, divisée entre chacun par portions égales et sans distinction de grade. Le vin, la bière et les autres boissons se règlent à part, suivant la consommation de chaque individu. Une fois par semaine, a lieu un grand dîner auquel chaque officier a le droit d'amener un ami. La dépense mensuelle de la *mess* pour un officier qui se contente de bière et

de quelques verres de vin varie, suivant les garnisons, de 90 à 120 roupies, en y comprenant la cotisation pour le loyer de la maison, les abonnements aux journaux, et autres frais de ce genre.

Les jeux de hasard sont sévèrement proscrits, mais on élude trop souvent le règlement sous ce rapport.

Chaque officier, sans distinction de grade, remplit, à tour de rôle, les fonctions d'agent comptable de la *mess*, ainsi que de président et de vice-président de la table. Ces dernières fonctions sont assez importantes. Le président doit veiller à la bonne tenue des convives, empêcher les discussions politiques, les propos grossiers et les querelles de tout genre. Un simple enseigne, président de table, a le droit de mettre aux arrêts un lieutenant et même un major qui lui désobéirait pendant le repas. A la *mess*, il n'y a plus que des *gentlemen* parfaitement égaux entre eux, malgré les différences d'âge, de fortune, de grade et de position.

Cette organisation ne diffère de celle de l'armée royale que par la substitution du partage de la dépense à une cotisation fixe.

Elle permet aux officiers d'être mieux nourris et plus convenablement installés. Elle les oblige à

s'observer l'un envers l'autre, à vivre en bonne intelligence et à conserver entre eux le langage et les manières de l'homme bien élevé. Enfin, elle les empêche de voir des sociétés indignes de leur caractère et de leur position. Ce système des *mess*, adopté en France pour la garde impériale, a parfaitement réussi sous tous les rapports.

Un des grands avantages que les officiers de la Compagnie possèdent sur ceux de l'armée royale, c'est de pouvoir être nommés aux emplois civils dont nous avons parlé, et qui sont très-richement rétribués. Un tiers au moins des officiers se trouve ainsi détaché des régiments. Leur absence profite à leurs collègues par suite du supplément de solde alloué à l'officier commandant un régiment ou une compagnie. Mais cette mesure, si favorable aux intérêts particuliers des officiers, est désastreuse pour les régiments ; elle les désorganise, en leur enlevant leurs meilleurs officiers, ainsi qu'en rendant plus insuffisants encore les cadres déjà trop peu garnis.

Chaque régiment d'infanterie anglo-indienne, composé de neuf compagnies, a pour officiers :

1° Un colonel, choisi parmi les généraux. Ce colonel ne paraît presque jamais au corps, mais il

perçoit un bénéfice considérable sur les fournitures, qu'il cède le plus souvent à un banquier pour une rente annuelle qui varie de vingt à vingt-cinq mille roupies ;

2° Un lieutenant-colonel, véritable chef du régiment;

3° Un major, presque toujours le plus ancien officier du corps dont il est la cheville ouvrière ;

4° Six capitaines, dont deux ou trois, et souvent davantage, sont détachés aux états-majors ou chargés des fonctions civiles ;

5° Neuf lieutenants, sur lesquels cinq ou six commandent des compagnies ;

6° Enfin, quatre enseignes ou sous-lieutenants.

Il est fort rare qu'un régiment possède à la fois son lieutenant-colonel et son major. L'un d'eux est presque toujours détaché à quelque autre corps que des maladies, des congés ou des fonctions civiles ont privé de ses deux officiers supérieurs.

Les officiers indigènes sont au nombre de dix-huit, savoir : neuf *soubadars* (le grade le plus élevé auquel puisse parvenir un natif), ayant rang de capitaine, et neuf jemmadars ou lieutenants. Mais l'égalité de grade n'existe que de nom. Le plus ancien et le plus capable des soubadars obéit au

moindre enseigne européen, Il y a plus de distance entre lui et ce jeune sous-lieutenant qu'entre un colonel français et un simple sous-officier.

Aux yeux des Anglais, l'officier indigène le plus élevé en grade restera toujours un *natif*, c'est-à-dire une créature d'une autre espèce que la leur. Cette situation sans avenir faite à l'officier indigène a beaucoup contribué à la révolte actuelle.

Le soubadar reçoit un traitemeut de 60 roupies par mois; le jemmadar, 40; l'havildar, ou sergent indigène, 14; le naïk ou caporal, 12.

En descendant l'échelle des grades, depuis le soubadar jusqu'au naïck, nous voici arrivés aux simples cipayes.

Les soldats indigènes se recrutent indifféremment parmi les Hindous et les Musulmans. Dans l'origine, de sages règlements, malheureusement négligés depuis, prescrivaient de composer chaque régiment de cipayes des deux religions, avec un nombre d'Hindous double de celui des Musulmans. Dans la cavalerie, il y avait moitié de chaque élément. On espérait que cet antagonisme de religion empêcherait les soldats indigènes de se réunir contre les Européens. Quant aux Sicks, soldats vaillants et fidèles, mais à demi-sauvages, ad-

mis dans l'armée anglaise depuis la conquête du Punjaub, leur proportion la plus élevée est d'un dixième par régiment. Comme castes, on choisit principalement des brahmines et des kchattryas, La plus grande partie des cipayes sont des Rajpoots, des Marattes, des Gwallahs ou pasteurs, et des Jats. Les provinces du sud-ouest et le royaume d'Oude fournissent presque tous les cipayes de la présidence du Bengale. Comme ce royaume d'Oude a toujours été le refuge de tous les *pindarries, dacoïts, thugs* et autres brigands qui ont infesté l'Inde, il n'est pas étonnant que l'armée du Bengale ait levé, la première, l'étendard de la révolte, du pillage et de l'assassinat.

Le recrutement s'opère à l'amiable, sans l'intervention de la Compagnie, qui trouve plus de volontaires, âgés de dix-huit à vingt-quatre ans, qu'elle n'en a besoin. La durée de l'engagement est de trois ans. Le cipaye reçoit de 7 à 9 roupies par mois dans l'infanterie, de 8 à 11 dans la cavalerie.

Avec cette paye, le soldat indigène doit pourvoir a son habillement, à son entretien et à sa nourriture. Un équipement complet d'infanterie coûte de 14 à 16 roupies. Le cipaye hindou dépense environ 3 roupies par mois pour sa nourriture et une rou-

pie pour l'entretien de sa tenue. Il est bon d'ajouter que la Compagnie des Indes lui fournit tous ces effets à fort bon marché. En campagne, le gouvernement livre aussi les grains à un minimum fixe.

Toutes les dépenses que nous venons d'énumérer font environ 160 francs. Il reste donc à peu près la même somme au cipaye, qui l'envoie le plus souvent à sa famille. Un service de trésorerie a été organisé dans ce but par le gouvernement.

Quant aux Musulmans, moins sobres et plus dépensiers que les Hindous, la plupart trouvent moyen de s'endetter au lieu de faire des économies.

Des pensions de retraite sont allouées aux cipayes, lorsque, après quinze ans au moins passés sous les drapeaux, ils sont reconnus impropres au service par la commission de santé.

La retraite du simple cipaye est d'environ 4 roupies par mois; celle du soubadar de 25. Ils doivent résider dans un des cinq districts de pensionnaires de Barrackpore, de Bénarés, d'Oude, de Dinapore et du Punjaub. La Compagnie alloue même des pensions aux familles d'un assez grand nombre de cipayes.

Il y a, dans l'infanterie native du Bengale, soixante-quatorze régiments de cipayes, comptant chacun un millier d'hommes, y compris dix soubadars, dix jemmadars, trois chirurgiens, un quarter-master (quartier-maître, sorte de sergent-major), soixante havildars et soixante naïcks.

Les havildars et les naïcks sont nommés par le colonel ; les jemmadars et les soubadars par le commandant en chef, sur la proposition du colonel.

L'uniforme des cipayes, presque pareil à celui des troupes royales, se compose d'un habit rouge, d'un pantalon bleu, d'une sorte de bonnet substitué au schako et d'un col en verroterie blanche. Leurs chevelures nuisent malheureusement à la régularité de la tenue. Les uns portent des cheveux fort courts ; d'autres, très-longs. Ceux-ci ont des nattes ; ceux-là (les Sicks par exemple) des chignons relevés derrière la tête. Cela produit un effet assez singulier pour les gens habitués à la parfaite régularité de nos troupes européennes.

Les cipayes n'ont point le souci de s'occuper de leurs armes. Au sortir de l'exercice, chacun va déposer son fusil dans les petits pavillons construits pour cet usage à chaque extrémité du camp.

Des *lascars* (1) sont chargés d'avoir soin de ces armes et de les maintenir en bon état. Lorsqu'on fait l'exercice à feu, on commande un certain nombre de cipayes de corvée pour nettoyer les armes sous la direction d'un Européen. Ces armes sont des fusils à piston semblables à ceux des soldats de l'armée royale. Dans quelques régiments, une seule compagnie est munie de carabines dans le genre de celles de nos chasseurs à pied. Les commandements se font en anglais. Les manœuvres s'exécutent avec précision, et la plupart des soldats indigènes ont fort bonne tournure sous les armes. En revanche, dès qu'ils ont terminé leur service, c'est-à-dire le plus souvent dès sept ou huit heures du matin, les cipayes s'empressent de quitter leur uniforme. Ils restent la poitrine, les jambes et les pieds nus, n'ayant pour tout vêtement que le *paejama*, (sorte de caleçon très-court), et quelquefois même que le *langouti*, écharpe qui passe entre les cuisses, et fait le tour des reins.

En route, lorsqu'ils sont par petits détachements, il leur arrive souvent de se mettre ainsi à leur aise. Ils ôtent leur habit et leur pantalon et les

(1) Hommes de peine natifs.

portent gravement sur l'épaule. Je me rappelle avoir vu une douzaine de cipayes qu'on m'avait donnés pour escorte marcher bravement sous une pluie battante, l'habit rouge sur le dos, mais sans pantalon. Cela produisait un effet assez singulier.

Dans cette petite tenue, que le *paejama* ou le *langouti* empêche seul d'être une complète nudité, le cipaye fume tranquillement le gargouli devant la porte de la hutte qu'il partage avec un camarade.

A chaque nouveau cantonnement, le gouvernement alloue 2 roupies et demie d'indemnité pour la construction d'une hutte.

Les cipayes sont peu bruyants et ne se réunissent guère, même entre individus de même caste. Chacun fait sa cuisine à part, mange son riz, boit son eau et fume son gargouli, tout seul, ou bien avec son camarade de hutte.

Le seul plaisir qu'ils s'accordent est celui de la lutte, que certaines races aiment beaucoup.

En dépit de l'uniforme et de la discipline, le cipaye conserve presque toujours de son origine hindoue un air de servilité qui reparaît au premier regard d'un Européen. La plupart d'entre eux sont fort braves et se battent vaillamment tant

qu'ils ont à leur tête des officiers anglais, surtout lorsqu'ils connaissent ces officiers depuis un certain temps.

Plus tard, après avoir achevé de décrire l'armée anglo-indienne et donné quelques renseignements sur l'état actuel de l'Inde et de ses populations, nous essaierons d'expliquer les causes de la révolte actuelle des soldats indigènes. Disons seulement dès à présent qu'il y a déjà eu plusieurs révoltes de cipayes dans l'Inde, mais des révoltes partielles, se bornant à quelques corps isolés.

Outre les cipayes, l'infanterie de la Compagnie comprend encore : 1° les trois régiments d'*European Bengal fusiliers*; 2° les extra-régiments de Loodianah, Ferozepore, Assam et Khelat-y-Ghyzy, formés de natifs et commandés par un très-petit nombre d'Européens.

La Compagnie a dix régiments de cavalerie native régulière, composés chacun d'environ cinq cents hommes, sans compter un syce (palefrenier), par deux chevaux, et un *gossyarah* (coupeur d'herbe), pour chaque cheval. Le colonel, le lieutenant-colonel, le major, les six capitaines (y compris le payeur), les huit lieutenants, les trois enseignes, le vétérinaire, le maître d'équitation et le

sergent-major sont Européens. Les officiers et sous-officiers indigènes portent les mêmes noms que dans l'infanterie. Les chevaux ont le même harnachement que celui de la cavalerie légère de l'armée royale. Quant aux hommes, ils sont armés d'un sabre recourbé et d'une paire de pistolets. Leur vêtement se compose d'une veste ronde, d'un pantalon gris-clair et d'une sorte de petit colback ou schako sans visière.

La cavalerie se remonte au moyen de haras appartenant à la Compagnie, et de juments qui, suivant les localités, sont vendues par le gouvernement aux cultivateurs, ou prêtées, pour ainsi dire, à ceux qui peuvent fournir une certaine caution. Ces moyens ne suffisant pas, parce que les races dégénèrent promptement sous le climat brûlant de l'Inde, on tire les autres chevaux nécessaires à la remonte, d'Australie et surtout du cap de Bonne-Espérance. Chaque cheval rendu à sa destination coûte en moyenne dix-sept à dix-huit cents francs.

Les dix-huit régiments natifs de cavalerie irrégulière, recrutés principalement parmi les Hindous du Haut-Bengale, ont une organisation qui rappelle un peu notre ancien système féodal. Le cavalier s'engage au service de la Compagnie

moyennant un salaire mensuel de vingt roupies, avec lequel il doit s'entretenir et nourrir son cheval. La nourriture du cheval ne coûtant que dix ou onze roupies, on accorde aux officiers, aux sous-officiers et même à des veuves, à des vétérans, ainsi qu'à des orphelins, le privilége, nommé *assamie*, de fournir : les officiers, cinq chevaux, les soldats, un seul. Les possesseurs d'*assamies* présentent alors un cavalier désigné sous le nom de *bargir*, auquel ils donnent environ sept roupies par mois : ils gardent ensuite ce qui reste après avoir pourvu à la nourriture du cheval.

Il n'y a pas d'uniforme réglementaire pour la cavalerie irrégulière. Le costume le plus habituel se compose d'un casque en acier, ou plus fréquemment encore d'un turban, d'une sorte de tunique en drap rouge ou vert, d'une culotte collante en étoffe de coton et de grandes bottes. Outre le sabre et les pistolets, les cavaliers irréguliers portent de longs fusils fabriqués dans le pays.

Le commandant fait la remonte à son gré, en ce qu'il accepte ou refuse les chevaux qu'on lui présente.

En cas de crimes, il défère les coupables aux cours martiales ordinaires. S'il ne s'agit que d'un

délit, le prévenu est jugé par un conseil composé cinq officiers natifs. Les cavaliers irréguliers obtiennent des retraites établies sur les mêmes bases que celles des cipayes. Lorsqu'un cheval est tué dans un combat, le gouvernement alloue au cavalier une indemnité de 125 roupies.

Comme je viens de le dire, chaque régiment compte environ 500 hommes, non compris les *syces* et les *gossyarahs*. Les officiers européens se composent d'un commandant, d'un commandant en second, d'un adjudant et d'un chirurgien : les officiers natifs, de 3 *russaldars*, 6 *naïcks-russaldars* et 6 *jemmadars*. Viennent ensuite six *kote duffadars* et 48 *duffadars*.

Cette cavalerie irrégulière a rendu de très-grands services. Ses chevaux résistent bien mieux à la fatigue et aux difficultés du terrain que ceux de la cavalerie régulière. Il n'est pas un Anglais dans l'Inde qui n'ait entendu parler des exploits et des hardis coups de main accomplis jadis par le brave colonel Skinner à la tête de ses irréguliers.

Pour compléter l'énumération des forces militaire de la Compagnie, il nous reste encore à dire quelques mots de l'artillerie, du génie (ingénieurs,

sapeurs et mineurs), du corps médical, de l'état-major, du commissariat, et enfin de la marine.

On compte dans l'armée du Bengale : 1° une brigade d'artillerie entièrement composée d'Européens et deux autres brigades formées chacune d'une batterie native et de trois européennes; 2° six bataillons d'artilleurs à pied et trois autres d'artilleurs indigènes.

La plupart des batteries sont tirées par des chevaux, quelques-unes par des bœufs (système de traction qu'on commence à abandonner), une seule par des chameaux et une autre, croyons-nous, par des éléphants.

On exige des officiers d'artillerie une instruction sérieuse; c'est parmi eux qu'on trouve généralement les hommes les plus remarquables à l'armée. L'artillerie de la Compagnie est fort belle et manœuvre admirablement. Pendant longtemps, par excès de précaution, on avait tenu les artilleurs indigènes dans l'ignorance de divers détails importants, mais, depuis quelques années, on les a mis au courant de toute la manœuvre.

Les officiers d'artillerie reçoivent les mêmes appointements que ceux d'infanterie. Dans la cava-

lerie, les appointements sont un peu plus considérables.

Pour entrer dans l'état-major du commissariat, il faut aussi passer de sérieux examens, qui portent principalement sur les langues orientales. Ce corps se recrute parmi les officiers des divers régiments de cavalerie et surtout d'infanterie. Ils figurent à la fois sur les feuilles d'avancement de leur ancien et de leur nouveau corps.

Dans le service médical européen de l'armée du Bengale, composé d'environ quatre cents individus, les *senior surgeon*, *surgeons* et *assistants surgeons* obtiennent des emplois civils comme les autres officiers. Ils commandent aussi des compagnies en l'absence des titulaires. Il est même arrivé quelquefois que, par suite de congés et de maladies, un chirurgien s'est trouvé à commander un régiment. Les brevets d'officiers du service de santé s'obtiennent au concours. Il y a parmi ces officiers des hommes fort distingués. Néanmoins l'ensemble du service médical de l'armée anglo-indienne est assez mal organisé, surtout sous le rapport des ambulances.

Les chirurgiens européens ont, pour les secon-

der et soigner les Indiens, environ trois cents médecins natifs qui figurent sur les cadres des officiers indigènes. Le *surgeon* européen reçoit les mêmes appointements qu'un capitaine : l'*assistant surgeon* touche la solde de lieutenant.

Il nous reste encore à parler des ingénieurs. Presque tous sont employés à des fonctions civiles, et dirigent les travaux publics du gouvernement. Ce corps qui est, avec l'artillerie, le mieux composé de tous, comprend : trois colonels, quatre lieutenants-colonels, quatre majors, vingt-deux capitaines et soixante-dix-huit lieutenants. Il contient douze compagnies de natifs.

Trois mille éléphants environ et autant de chameaux sont attachés à l'armée anglo-indienne. Ces animaux rendent de très-grands services, les éléphants surtout, dont l'intelligence est vraiment extraordinaire. Dans les pays difficiles, au milieu des jungles et des rochers, le transport de l'artillerie serait presque impossible sans l'adresse et la docilité de ces colosses. Ils traînent ou portent les canons, les soutiennent dans les passages périlleux les relèvent lorsqu'ils sont tombés dans des ravins, transportent des fardeaux et des munitions de tout

genre, enfoncent des pieux, replacent et déplacent des blocs de granit, etc.

Je ne crois pas qu'il existe au monde un spectacle plus curieux et plus varié que celui d'un campement de l'armée anglo-indienne. D'un côté, se dressent les tentes des officiers et des soldats européens que des *lascars* se hâtent de planter. De l'autre, s'éparpillent les huttes formées de branches d'arbres et de feuillages que les cipayes s'improvisent avec toute l'industrie des sauvages. Ici, les domestiques sans nombre que chaque officier anglais traîne à sa suite, étalent, sous de grandes tentes, l'argenterie, le linge et les provisions de la *mess*. En campagne comme en garnison, l'officier de l'Inde a régulièrement déjeuner, tiffin (lunch indien), dîner et thé le soir. Plusieurs emmènent des voitures. Je parle, bien entendu, de ce qui se passait avant la guerre actuelle. Deux cents pas plus loin, des milliers de natifs allument leurs petits feux isolés, chacun faisant cuire séparément, pour le manger de même, son riz ou son gruau. Ici des syces pansent les chevaux ; là, des gossyarahs reviennent avec leur récolte de fourrages.

A quelque distance du camp, des marchands de tout genre et de toutes nations étalent les objets de

leur négoce, habillements, épiceries, comestibles, merceries, etc. Les débits de liqueurs surtout abondent, et ne sont que trop fréquentés.

Le nombre et la variété des marchands sont d'autant plus grands que les armées anglaises n'ont pas, comme les nôtres un service de munitionnaire. Le soldat doit tout acheter par lui-même.

Au milieu de tous ces bazars improvisés, paradent des jongleurs, des *mâls* ou *charmeurs* de serpents et des fakirs. Plus loin, la foule s'assemble autour des nautch-girls ou bayadères.

Ici passent des éléphants, dont la vue et l'odeur effrayent les chevaux. Là paissent des bœufs de transport et d'attelage, et des vaches destinées à fournir le lait nécessaire à la table des officiers. Plus loin, se trouve un parc de chameaux dont on a soin d'éloigner les éléphants, auxquels ces animaux inspirent quelquefois une sorte de frayeur.

L'armée anglaise traîne à sa suite dix ou douze fois plus d'individus qu'elle ne compte de combattants. Il est facile de s'en rendre compte. Chaque officier de grade supérieur emmène avec lui une vingtaine de domestiques. Un enseigne ne peut guère se passser de moins de huit ou neuf. Joignez à cela les domestiques de mess, etc.

Les soldats européens ont aussi des domestiques pour nettoyer leur fourniment, couper le bois, faire la cuisine, blanchir le linge, etc. Il n'y a pas jusqu'aux cipayes, auxquels on n'accorde des *lascars* pour les suppléer dans divers travaux.

Après cela viennent les conducteurs de bœufs, de chameaux et d'éléphants, les commis des diverses administrations, les marchands, les ouvriers, etc.

Faites donc des marches forcées avec un pareil attirail, avec cette vraie tour de Babel ambulante, au milieu de laquelle vous entendez parler l'anglais, l'hindoustan, le persan, l'arabe, le bengali, l'urdu, et vingt dialectes différents.

L'entretien de l'armée anglo-indienne monte à près de 6 millions de livres sterling, sur lesquelles 600,000 l. sterl. pour les troupes royales.

Pour achever le dénombrement des forces de l'Angleterre dans l'Inde, il ne nous reste plus qu'à parler de la marine.

A l'époque où nos corsaires et quelques pirates des nations asiatiques causaient de grands dommages aux établissements anglais des côtes de Malabar et de Coromandel, la Compagnie organisa une flottille de petits bricks-croiseurs. Les officiers

furent choisis presque tous dans la marine marchande. Ils entraient comme *midshipmen* au service de la Compagnie, et pouvaient parvenir jusqu'au grade de capitaine.

Sous Guillaume IV, cette marine, connue jusque-là sous le nom de *Bombay marine*, prit le titre de *Indian navy*. Ses officiers furent placés sur le même rang que ceux de la marine royale, et portèrent le même uniforme.

Le corps de la marine indienne se compose actuellement de 6 capitaines, 12 commandants, 48 lieutenants, et d'environ 90 autres officiers, *mates*, *midshipmen* et agents comptables.

Quant à la flotte, elle compte une cinquantaine de bâtiments, parmi lesquels trente bâtiments à vapeur employés à entretenir les communications entre l'Inde et la Chine; l'Inde, la mer Rouge et le golfe Persique; la Chine et la mer Rouge; Bombay et le Sinde, ou bien consacrés à la navigation de l'Indus. Les autres navires, bricks, schooners et sloops à voiles font des croisières de surveillance, ou protégent le commerce dans les golfes occidentaux et le détroit de Malacca.

Un capitaine de 1re ou de 2e classe reçoit (à bord), 900 roupies par mois; un commandant de 3e classe,

800 : de 4e, 600 ; de 5e, 400 ; un lieutenant de premier rang, 175 ; de tout autre rang, 145 ; un agent comptable de second rang, 270 ; de 3e, 250 ; un *mate* ou un midshipman, 50 roupies.

Le reste du service maritime de l'Inde se compose d'un corps de pilotes employés à la navigation de l'Hoogly, et de quelques bateaux à vapeur qui transportent accidentellement les dépêches, les fonds, les troupes, les munitions et quelquefois les hauts personnages entre la Chine, Arracan, le détroit de Malacca, Madras et Calcutta.

Voici le tableau des forces militaires qu'en temps ordinaire la Compagnie entretenait dans l'Inde, depuis quelques années :

ARMÉE ROYALE

22 Régiments d'infanterie, dont 11 dans le Bengale, d'environ 1,100 hommes chacun.	24,000	25,400
2 Régiments de cavalerie (1 Bengale, 1 1 Bombay), à 700 hommes chaque. .	1,400	
Présidence du Bengale.		
9 Batteries d'artillerie à cheval européennes.	1,260	
4 Batteries d'artillerie à cheval natives,	440	
6 Batteries d'artillerie à pied européennes.	2,022	
3 Batteries d'artillerie à pied natives. .	1,920	
3 Régiments d'infanterie européenne de la Compagnie.	3,000	
74 Rég. d'infanterie native.	81,400	
41 — — irrégulière	40,000	161,042
10 — de cavalerie régulière	4,000	
31 — irrégulière	21,000	
Corps du génie, service médical des natifs, vétérinaires, état-major et commissariat, vétérans européens et natifs.	3,000	
Environ 3,000 officiers employés au commandement des corps précités et des contingents.	3,000	
Présidence de Madras.		
6 Régiments d'artillerie à cheval européenne, à 140 hommes.	840	
4 Bataillons d'artillerie à pied européenne.	1,348	
2 Bataillons d'artillerie à pied native. .	1,280	
3 Régiments d'infanterie européenne de la Compagnie.	3,000	76,898
52 Rég d'infant native	57,200	
6 — — irrégulière	4,200	
8 — de cavalerie régulière. .	3,040	
4 — — irrégulière	2,720	
Officiers.	2,020	
Génie, etc.	1,250	
A reporter. . .		263,340

Présidence de Bombay.

	Report. . .		263,340
4	Batteries d'artillerie à cheval européenne..	560	
2	Batteries d'artillerie à pied européenne.	674	
2	Batteries d'artillerie à pied native. . .	1,280	
3	Régiments d'infanterie européenne de la Compagnie..	3,000	53,894
29	Rég. d'infant. native.	31,900	
8	— — irrégulière..	7,440	
7	— de cavalerie régulière..	2,660	
6	— — irrégulière..	4,080	
	Génie, etc.	900	
	Officiers.	1,400	
	TOTAL GÉNÉRAL.		317,234

En ajoutant à ces 317,000 hommes les lascars, divers corps irréguliers, la milice, la garde du gouverneur, les guides de Peshawur, et quelques corps de ce genre, on voit que la Compagnie avait sous ses ordres plus de 350,000 soldats, et disposait de plus de 500 canons, sans compter ceux des forts. Encore ne comptons-nous pas les contingents que les princes indiens doivent tenir à la disposition de la Compagnie et qui sont commandés par des officiers anglais.

Ces guides de Peshawur, dont je viens de citer le nom et qui servent d'habitude sur les frontières, comprennent six compagnies formées : la première de Dogrues (Indiens de la partie monta-

…ise du territoire de Goolab-Sing); la deuxième de Patans (habitants du territoire situé entre l'Indus et le Caboul); la troisième de mahométants du Punjaub; la quatrième d'Afrydis; la cinquième de Gorkhas et la sixième de Sikhs.

Les soldats de la religion hindoue forment un peu plus des deux tiers de l'armée du Bengale. Le reste se compose de mahométans et de 2,000 à 2,500 chrétiens.

Dans l'origine, les cipayes se recrutaient surtout parmi les basses castes, et comptaient beaucoup moins de musulmans dont on redoutait le caractère hautain et turbulent. L'événement n'a que trop prouvé la justesse des précautions prises jusqu'ici par les anciens gouverneurs et malheureusement trop négligés par leurs confiants successeurs.

Le décret suivant des préséances du 5 juillet 1850, qui fixe le rang des fonctionnaires de la Compagnie, donnera une idée de l'importance de chacun.

Le gouverneur général, le lieutenant-gouverneur du Bengale, le gouverneur de Madras, le gouverneur de Bombay, le lieutenant-gouverneur d'Agra, le chef de justice de Calcutta, l'évêque de Cal-

cutta, le chef de justice de Madras, l'évêque de Madras, le chef de justice de Rombay, l'évêque de Bombay, le commandant en chef des troupes de l'Inde (lorsqu'il est en même temps membre du Conseil suprême) ; les membres du Conseil suprême, les membres du Conseil du Bengale, le commandant en chef de Madras (lorsqu'il est membre du Conseil), les membres du Conseil de Madras, le commandant en chef de Bombay (lorsqu'il est membre du Conseil), les membres du Conseil de Bombay, les juges de la Cour suprême de Calcutta, suivant la date de leur nomination; ceux de Madras, ceux de Bombay, le *recorder* (juge) de l'île du prince de Galles, le commandant en chef de l'Inde s'il n'est pas membre du Conseil suprême, le commandant en chef des forces de Sa Majesté, et le commandant en chef de l'armée aux diverses présidences (n'étant pas commandant en chef de l'Inde), suivant leur grade respectif, les officiers de marine au-dessus du grade de major général, les membres de la Suddler adawlut, les membres de la commission législative.

Rangs.

Civilians de 1re classe (35 ans de résidence), majors généraux et contre-amiraux ; — civilians de

2e classe (20 ans de résidence), colonel, capitaine de 1re classe, et archidiacres de Calcutta, Madras et Bombay ; — civilians de 3e classe (12 ans), lieutenants-colonels et capitaines de vaisseau de 2e classe ; — civilians de 4e classe (8 ans), majors et commandants de navire ; — civilians de 5e classe (4 ans), capitaines et lieutenants de vaisseau ; — les civilians de 6e classe (au-dessous de 4 ans de résidence), prennent rang avec les fonctions subalternes non comprises dans l'énumération que nous venons de faire. Les avocats généraux ont rang de civilians de 1re classe ; les chapelains, de civilians 4e classe ; les sssistants chapelains, de civilians de 5e classe. Enfin, les médecins généraux, chirurgiens généraux et inspecteurs généraux des hôpitaux ont rang de brigadiers généraux ; les *seniors* chirurgiens, de lieutenants-colonels ; les chirurgiens, de capitaines ; et les aides-chirurgiens, de lieutenants.

ALFRED DE BRÉHAT.

BIBLIOGRAPHIE.

NOTICE

SUR LES

OUVRAGES DE M. MASQUELEZ

Capitaine en retraite, chevalier de la Légion d'honneur, membre de l'Ordre impérial du Medjidié.

PAR

M. THIROUX,

LIEUTENANT-COLONEL D'ARTILLERIE EN RETRAITE.

M. le capitaine Masquelez, ancien élève de l'école militaire de Saint-Cyr, excellent officier de zouaves, était destiné à un brillant avenir, lorsque des blessures graves, reçues dans la guerre de Crimée, sont venus l'arrêter dans sa carrière militaire. M. Masquelez vient de faire paraître deux ouvrages : l'un intitulé *Notions élémentaires sur la fabrication et l'emploi des armes et des munitions de l'infanterie*, l'autre porte le titre modeste de *Journal d'un officier de zouaves* ; ces deux ouvrages,

bien différents dans leur forme et leur objet, nous paraissent devoir être très-utiles pour les officiers et sous-officiers d'infanterie.

Nous allons analyser rapidement les deux ouvrages de M. Masquelez.

1° *Notions élémentaires.*

Cet ouvrage a le mérite de la spécialité. M. Masquelez ayant été chargé longtemps des fonctions d'instructeur de tir, avait toujours été frappé des inconvénients que présentait alors, l'absence d'un manuel, pour cette partie importante du service; soit pour les officiers qui ne sortaient pas des écoles, et qui éprouvaient une répugnance, blâmable, mais compréhensible, à venir consulter des officiers plus jeunes qu'eux; soit pour les sous-officiers studieux, auxquels les instructeurs n'avaient pas toujours le loisir de donner tous les développements nécessaires.

M. Masquelez ayant obtenu une citation à l'École de Vincennes et ayant dirigé avec beaucoup de succès l'instruction du tir dans deux régiments d'infanterie, le général sous les ordres duquel il

servait, l'engagea à rédiger un manuel contenant les notions qui sont absolument nécessaires aujourd'hui, aux officiers et sous-officiers d'infanterie, en se renfermant dans les limites les plus étroites possibles, sans que la brièveté de la rédaction devint nuisible à la clarté des explications.

M. Masquelez se décida à entreprendre cet ouvrage ; en se conformant exactement à l'ordonnance ministérielle du 6 décembre 1851, sans y faire aucune amplification et sans se livrer à des considérations savantes, ce que l'auteur aurait pu faire, comme tant d'autres, eu égard aux connaissances qu'il possède.

Pour mettre le lecteur à même de juger du mérite et de l'importance du manuel dont il s'agit, nous allons en donner ici le sommaire :

L'ouvrage porte en tête, l'ordonnance ministérielle du maréchal Saint-Arnaud, puis le programme du cours de tir et de mécanisme des armes à feu, professé dans les corps d'infanterie, par MM. les officiers sortant de l'école normale de tir.

Les notions élémentaires sont divisées en 24 leçons, dans lesquelles sont traitées, d'une manière

très-concise et très-lucide, les diverses parties du programme ci-dessus.

1re LEÇON. — *Sommaire :* Conditions essentielles du fusil d'infanterie. — Longueur totale. — Poids total. — Objet du canon et de la monture. Conditions relatives au service et au tir.

2e LEÇON. — *Sommaire :* Objet de la platine. — Étude de la production et de la communication du feu dans les armes à percussion.

3e LEÇON. — *Sommaire :* Étude générale du mécanisme des platines des armes de guerre. — Objet des garnitures, de la baguette et de la baïonnette. — Conditions de solidité, d'ajustage et de direction de la lame. — Objet et étude des accessoires.

4e LEÇON. — *Sommaire :* Définition des mots *modèle* et *système*. — Étude du fusil d'infanterie modèle 1822 transformé. — Longueur totale. — Poids total. — Dimensions principales du canon. — Examen relatif au chargement, à la résistance, aux ratés, à l'encrassement, au pointage.

5e LEÇON. — *Sommaire :* Suite de l'étude du fusil modèle 1822 transformé. — Examen des condi-

tions relatives à la monture et à la platine. — Décisions diverses fixant la matière des pièces. — Examen des garnitures, de la baguette, de la baïonnette et des accessoires.

6e LEÇON. — *Sommaire :* Étude du fusil d'infanterie modèle 1842, explication et examen des principales différences existant entre les fusils modèle 1842 et modèle 1822 transformé. — Examen détaillé des modes de transformation. — Distinction des modèles 1816, 1816 corrigé et 1822, auxquels peuvent appartenir, en tout ou en partie, les armes transformées placées entre les mains des troupes.

7e LEÇON. — *Sommaire :* Définition du mouvement uniforme et du mouvement uniformément varié. — Manière de mesurer les vitesses acquises et les chemins parcourus après un temps déterminé. — Application de l'étude du mouvement uniformément varié à celui dû à la pesanteur.

8e LEÇON. — *Sommaire :* Définition de la ligne de tir de la ligne de mire, de l'angle de mire et de la trajectoire. — Tracé par points de la trajectoire dans le vide en tenant compte du mou-

vement composé des projectiles. — Faire voir que ce tracé dépend uniquement de la vitesse initiale et de l'angle de tir. — Étude, à l'aide des constructions précédentes, des principales propriétés de la trajectoire.

9e LEÇON. — *Sommaire :* Résistance de l'air. — Énoncé de la loi de cette résistance. — Sens des modifications qu'elle apporte à la forme de la trajectoire. — Définition des mots *masse* et *densité.* — Les pertes de vitesse de deux projectiles, ayant la même vitesse initiale, sont en raison inverse des diamètres par les densités.

10e LEÇON. — *Sommaire :* Manière d'apprécier les distances. — Importance de cette appréciation. — Description des différentes espèces de stadia. — Examen de leurs avantages et de leurs inconvénients.

11e LEÇON. — *Sommaire :* Détermination pratique de la trajectoire moyenne d'une arme. — Manière de relever les coups. — Calcul des hauteurs, des points de la trajectoire par rapport à la ligne de mire. — Tracé, par points, de la trajectoire. — Détermination des règles du tir résultant de ce tracé. — But en blanc naturel.

— Conditions d'après lesquelles on doit le fixer.

12ᵉ LEÇON. — *Sommaire :* Objet de la hausse. — Détermination des hausses d'une arme. — Conditions que doivent remplir les appareils servant de hausse. — Construction graphique à l'aide de laquelle on détermine les hausses d'après la trajectoire et réciproquement.

13ᵉ LEÇON. — *Sommaire :* Des causes d'irrégularité dans le tir, provenant des tireurs. — De l'arme. — De la charge et des circonstances extérieures.

14ᵉ LEÇON. — *Sommaire :* Manière d'apprécier la justesse des armes. — Définition du point d'impact moyen et sa détermination. — Définition de l'écart horizontal moyen, de l'écart vertical moyen et de l'écart absolu moyen. — Détermination du rayon du cercle contenant une fraction des coups. — Détermination du pour cent sur des buts de grandeur donnée. — Comparaison de l'importance de ces quantités, dans l'appréciation de la justesse d'une arme. — Transformation des données précédentes par rapport au point d'impact moyen. — Usage de ces quantités dans l'appréciation de la justesse

d'une arme et de l'adresse d'un tireur. — Tracé des courbes et des gerbes de justesse.

15e LEÇON. — *Sommaire :* Des armes carabinées. — Examen des divers modes de forcement des balles rondes.

16e LEÇON. — *Sommaire :* Résultats généraux des expériences sur la carabine modèle 1846. — Examen des causes d'augmentation de justesse, de portée et de pénétration de la balle oblongue sur la balle ronde.

17e LEÇON. — *Sommaire :* Description de la balle à culot et de son mode de forcement. — Résultats généraux des expériences faites sur cette balle.

18e LEÇON. — *Sommaire :* Mesure de l'efficacité du tir dans les différentes espèces de feux.

19e LEÇON. — *Sommaire :* Résumé sommaire des principales différences que les armes des puissances étrangères présentent avec les nôtres.

20e LEÇON. — Épreuve, conservation et radoubage des poudres. — Fabrication des capsules.

21e LEÇON. — Notion sur le coulage des balles, et

la confection des différentes espèces de cartouches.

22e LEÇON. — *Sommaire :* Matières employées dans la fabrication des armes à feu portatives. — Explication des opérations qui se répètent le plus souvent dans le courant d'une fabrication d'armes. — Notions générales sur la fabrication des différentes parties du fusil d'infanterie modèle 1842.

23e LEÇON. — *Sommaire :* Suite des notions géné-sur la fabrication des différentes parties du fusil d'infanterie modèle 1842. — Notions générales sur la transformation du fusil modèle 1822.

24e LEÇON. — Résumé des circulaires relatives à l'entretien des armes et à leurs réparations. — Fonctions de l'officier d'armement. — Devoirs du maître armurier. — Indication des réparations qu'il doit faire, de celles qui lui sont interdites, et de celles qui nécessitent l'envoi de l'arme en manufacture. — Registre à tenir relativement aux armes. — Manière de passer une inspection d'armes et d'imputer les réparations des dégradations.

Toutes ces leçons présentent les développements

indispensables à leur intelligence : Les matières qui y sont traitées ne sont pas trop abondantes, et peuvent être facilement développées dans le temps ordinairement consacré à cette instruction ; l'auteur mettant de côté son bagage scientifique s'est attaché, dans le désir d'être compris par ses lecteurs, à chercher les explications les plus simples, on pourrait même dire les plus vulgaires ; c'était, ce me semble, le meilleur moyen de populariser dans l'armée des connaissances utiles, indispensables même, et d'une application journalière, tant en garnison qu'en campagne.

Après avoir traité complétement de tout ce qui est relatif à la description, à l'entretien, à l'usage des armes, l'auteur donne, dans sa dernière leçon, quelques notions sur les réparations d'armes les plus usuelles. Ces notions seront surtout appréciées, par les officiers chargés de l'armement.

Les vingt-quatre leçons sont suivies d'une note sur les réparations d'armes.

De détails sur les expériences faites, en 1847 et 1849, pour comparer le fusil d'infanterie au fusil rayé à tige.

D'un exemple, sur la méthode à suivre, pour apprécier la valeur et l'effet utile d'une arme quelconque ; l'auteur a pris pour sujet de son mémoire la carabine anglaise des *riflemen*, dont bon nombre ont été prises, entre les mains de soldats russes, dans la guerre de Crimée. Ce mémoire forme le complément du cours et l'application des principes qui s'y trouvent développés.

Puis, viennent quelques détails relativement à une nouvelle charge du fusil, à une formation rapide du carré d'infanterie, une lettre de M. Masquelez au colonel du 3e de zouaves, les résultats du tir de 1er bataillon de ce régiment (1853-1854), de l'instruction militaire, théorique et pratique des officiers et sous-officiers, caporaux et soldats du 1er avril au 31 novembre ; une note sur la tenue des livrets de tir et un modèle de rapport mensuel. La plupart de ces détails sont très-importants, et seront lus avec un grand intérêt, par les officiers et sous-officiers désireux de s'instruire.

L'ouvrage est d'un format commode, les caractères en sont assez gros pour que la lecture n'en soit pas fatigante ; six planches bien gravées le ter-

minent, et complètent avantageusement les explications données dans le texte.

On aime à voir un jeune officier, préconiser les armes de sa troupe : En qualité d'officier de zouaves, M. Masquelez vante le fusil rayé à tige, et lui donne la préférence sur la carabine elle-même, soit comme arme de main, soit comme arme de jet.

Comme arme de main, il dit que le sabre baïonnette étant trop lourd, on a vu souvent des soldats, renoncer à faire usage de la pointe, se servir de l'arme comme d'une faulx et faire à l'ennemi des blessures effrayantes, qui, en réalité, sont bien moins dangereuses que celles que fait la baïonnette à coude : tandis que le fusil, comme arme de main, est admirablement équilibré et éminemment propre aux combats à l'arme blanche.

La conclusion de cette observation est, évidemment, que la carabine serait d'un meilleur service avec la baïonnette du fusil qu'avec le sabre baïonnette. Quoique la destination de la carabine ne soit pas la même que celle du fusil, il faut avouer que l'observation de M. Masquelez n'est pas sans quelque valeur. Le sabre baïonnette ne paraîtrait con-

venable que pour des armes, assez courtes et légères, que le soldat pût se servir exclusivement de la pointe du sabre sans trop de fatigue.

Tout en reconnaissant à la carabine à tige, une certaine supériorité de justesse sur celle du fusil à tige, notré jeune capitaine déclare que ce dernier est très-suffisant dans la plupart des cas. Il dit avoir remarqué un zouave, qui n'était pourtant pas le meilleur tireur du régiment, et qui, bien que gaucher, atteignait le but à 600 m., douze fois sur treize, et à 1000 trois fois sur cinq.

L'objection la plus sérieuse faite à l'emploi du fusil à tige est la difficulté de son entretien. M. Masquelez y répond par le rapport du capitaine d'artillerie, qui a inspecté les armes de son régiment après l'expédition de Kabylie, faite en 1853, et qui trouva les canons en bon état, même dans la partie où la tige est placée.

Une pareille confiance dans son arme est, pour l'officier et le soldat, une garantie de succès, et, nos fastes militaires conserveront longtemps le souvenir des brillantes actions de nos régiments de zouaves, dans la guerre de Crimée.

En définitive, l'ouvrage de M. le capitaine Mas-

quelez est un ouvrage pratique d'une utilité incontestable pour les officiers, sous-officiers et soldats de nos beaux régiments d'infanterie. Il renferme tout ce qui est nécessaire pour augmenter l'effet utile des armes, et assurer la conservation d'un matériel, si précieux, pour la gloire et l'indépendance de la France.

JOURNAL D'UN OFFICIER DE ZOUAVES

M. Masquelez avait rédigé son journal pour lui, sans prétention aucune, et comme renseignement pouvant lui être utile pour la suite de sa carrière militaire. Rentré forcément dans la vie civile, par suite de ses blessures, ses parents et ses amis, après avoir lu son journal, l'ont engagé à le faire paraître; en cela, ils ont rendu un véritable service à l'armée.

Le journal de M. Masquelez se lit comme il a été écrit, couramment et sans fatigue, et pourtant il laisse dans l'esprit d'utiles souvenirs. On se prend à aimer l'auteur, homme éminemment sympathique, et dont le cœur est ouvert à tous les sentiments généreux. Ce qu'il dit des pays qu'il a vus est fort intéressant; son amour pour ses zouaves, les soins qu'il donne à ses malades, l'affection dont il est l'objet lui-même, font voir l'officier

français sous son véritable jour, et expliquent la puissance d'entraînement qu'il exerce sur les soldats qu'il commande.

Parti d'Afrique au mois d'avril, avec une compagnie et demie de son régiment, sur l'aviso à vapeur le *Brandon*, l'auteur décrit la ville de Malte, si riche en souvenirs français, la bonne réception faite à lui et à ses soldats, la suite de sa navigation, son débarquement au camp de la grande rivière, à cinq lieues de Gallipoli; le spectacle si imposant des flottes alliées dans le port et la baie; l'engouement du camp anglais pour les zouaves, ces soldats des deux nations, trinquant par centaines, les uns avec les autres, devenus compagnons inséparables, et parlant tous, sans s'entendre, un salmigondis incompréhensible, une véritable langue primitive.

L'auteur donne quelques détails intéressants sur les mœurs des Grecs à Boulair, petite ville qui était située à peu de distance du camp.

Le 3e régiments de zouaves devant se rendre à Varna par terre, le colonel Tarbouriech chargea M. Masquelez de faire la carte de l'itinéraire qu'on suivrait.

Ayant improvisé des moyens tels quels, notre

officier de zouaves s'acquitta de sa mission, à la satisfaction de ses chefs, cet itinéraire est joint au journal de M. Masquelez. (Voir l'Atlas.)

« De Gallipoli à Andrinople, à part la chaîne » Kouradah, les mouvements de terrains sont peu » importants, la culture est assez avancée et les » villages grecs sont beaux et bien peuplés. » Quant à ceux habités par les Turcs, ils sont très-rares et très-misérables. La population de cette région est presque exclusivement grecque.

La colonne s'étant arrêtée pendant trois jours pour ouvrir un chemin pour la cavalerie et l'artillerie, à travers la chaîne de Kouradah, l'auteur emploie ses loisirs à visiter les environs qui sont fort beaux; puis il recommence son itinéraire à travers une forêt, des plateaux et des vallées.

L'auteur décrit l'abandon du pays et les constructions, restes de son ancienne prospérité; il raconte la surprise que causa l'entrée des zouaves dans la ville d'Andrinople, le mécontentement des vieillards à la vue des turbans verts de ses soldats, la curiosité des jeunes femmes, bordant la rue sur trois ou quatre rangs, et qu'il put admirer tout à son aise.

Le bivouac fut établi dans l'île du Sérail, au mi-

lieu de la Maritza, endroit d'une beauté ravissante; en un clin d'œil, la toilette est terminée, on va flâner dans la ville, comme on aurait fait en France. Mais hélas! les belles asiatiques avaient disparu, et pendant les neufs jours qu'on y resta, on n'en aperçut pas une seule.

Andrinople, la seconde ville de l'empire, paraît déserte malgré ses 100,000 habitants; située au confluent de la Maritza et du Tondja, elle s'étend au milieu de beaux jardins et de bouquets d'arbres; il y existe encore des restes de la domination romaine, une énorme tour et des thermes magnifiques.

L'auteur décrit la ville d'Andrinople, les monuments turcs, les fêtes du Rhamadan, les cérémonies de la mosquée, les illuminations, les derviches tournants, et, chose inouïe, une messe dans l'île du Sérail. La colonne se met en marche pour Varna. Le pays, dans cette région, est couvert d'interminables forêts, on ne voit que quelques misérables centres de population, en exceptant Aïdos et Oumour-Faki. Quant à la population, celle de la Bulgarie commence aux Balkans. Le Bulgare est le paysan par excellence, il se rapproche du type slave : il est rare qu'il marche sans son araba,

espèce de voiture primitive, non ferrée, qui nous servit à former des convois fort bruyants.

Trois jours après le départ d'Andrinople, la colonne eut à traverser le plus important des contreforts méridionaux des Balkans. Cette chaîne n'a dans cette direction qu'un relief peu considérable ; il est probable qu'à mesure qu'on s'avance vers l'ouest, en s'éloignant de la mer, les montagnes s'élèvent et deviennent plus difficiles à franchir.

La colonne de M. Masquelez arriva par le sud de la ville, et, au lieu de la traverser, elle suivit, à gauche une sorte de voie militaire qui la contourne ; elle défila devant le maréchal Saint-Arnaud, ayant à sa gauche Omer-Pacha, si célèbre par sa campagne du Danube. Arrivée sur un plateau qui s'élève à plus de 600 mètres au dessus de la mer et situé à 7 kilomètres de la ville, elle s'y campa à gauche de la deuxième division.

L'auteur rend compte de ses périgrinations à Varna. La ville est environnée d'une enceinte bastionnée, en bon état, avec un beau fossé : elle ne présentait rien de remarquable, si ce n'est une grande animation produite par la présence de nos troupes ; il dit un mot des Batchi-Bouzouks, vil ramassis de brigands qu'on avait voulu organiser

militairement, et de l'insuccès de cette tentative.

Vers le milieu du mois de juillet, un bruit sinistre se répandit dans l'armée : plusieurs cas de choléra venaient de se présenter parmi les Anglais; cette cruelle maladie fit de rapides progrès, favorisés peut-être par l'ennui qu'éprouvaient nos soldats.

Pour faire diversion à ces tristes idées, le général en chef ordonna une grande reconnaissance dans la direction de l'ennemi. Le 20 juillet, les trois premières divisions se mirent en mouvement, la quatrième devant rester à Varna. Nos troupes, emportant avec elles le fléau, éprouvèrent des pertes cruelles. L'auteur décrit le pays connu sous le nom de Dobrutscha, si remarquable par son insalubrité et sa stérilité.

Appartenant à la 2e division, M. Masquelez fut chargé, par son colonel, du service des malades; grâce aux soins qu'il prit pour la nourriture de ses soldats, aux amusements qu'il sut leur créer, après un début terrible, il eut la satisfaction de voir ses hommes se rétablir; il rendit alors d'importants services. Dans la suite, on avait évacué complétement Varna, et l'on avait établi quatorze hôpitaux sous des tentes, mesure qui contribua infiniment à l'amélioration de l'état sanitaire de l'armée.

Le 11 août, à 9 heures du soir, les troupes furent mises en marche : on croyait aller à la rencontre des Russes : c'était pour marcher sur Varna, qui était tout en feu. L'auteur décrit le spectacle de cet incendie terrible, qui réduisit la ville en cendres, et détruisit nos magasins ; la crainte qu'on avait de voir sauter la poudrière, accident qui fut évité par les efforts de quelques hommes dévoués. Ce sinistre fut attribué à la malveillance, car il paraît que le feu avait éclaté nuitamment sur plusieurs points à la fois.

M. Masquelez parle ici du désespoir qu'il éprouvait de voir que sa santé pouvait s'opposer à ce qu'il fit partie de l'expédition. L'époque de l'embarquement des troupes était fixée ; il eut recours aux moyens les plus énergiques qui devaient le tuer ou le guérir : il fut assez heureux pour se mettre en état de marcher à l'ennemi.

Notre auteur décrit son embarquement sur le vaisseau le *Marengo*, opération qui eut lieu le 31 août ; le départ de la flotte, le 5 septembre, après qu'on eut attendu inutilement les Anglais ; l'arrivée de la flotte alliée, le 8 ; le débarquement des troupes qui eut lieu, le 14, à Eupatoria. Dès qu'un régiment était débarqué, on l'envoyait pren-

dre position. Quelques cavaliers, lancés en avant, n'apercevant aucune trace de l'ennemi, on reçut l'ordre de camper. Quant à notre jeune auteur, il eut l'honneur d'être envoyé le premier en avant avec sa compagnie, et d'être placé en grand garde, les dispositions qu'il prit furent approuvées de tous ses chefs et du général Bosquet.

M. Masquelez rapporte quelques anecdotes relatives au camp; le dénûment des Turcs, leur joie quand on leur annonça que l'administration française se chargeait de les nourrir; l'état déplorable dans lequel était ce malheureux corps d'armée, ce qui frappa l'auteur, ce fut leur prière et surtout le cri de : *Allah!* répété par trois fois, et qui rappelait la foi si ardente de leurs ancêtres et leur terrible vaillance!...

Le 19 août eut lieu la marche en avant de l'armée française, pour gagner les champs de l'Alma; on marchait en bataille, en conservant l'ordre en colonnes par régiment; cette marche, sur une ligne fort étendue, fit lever une quantité immense de lièvres qui firent beaucoup rire nos soldats et qui figurèrent en grand nombre à leur souper, éclairé par le feu des bivouacs russes Après un incident si gai, un spectacle plus triste s'offrit aux regards des

Français : ce fut celui des villages incendiés, abandonnés précipitamment par leurs habitants.

Le 20 septembre, à 7 heures du matin, le général Bosquet réunit à la droite de l'armée, où le 3e de zouaves était campé, un petit corps de quatre bataillons : deux du 3e zouaves et deux de tirailleurs indigènes, formant environ 1,600 baïonnettes; il avait avec lui quelques chasseurs d'Afrique; on se mit en marche fort tranquillement, on fit une halte : M. Masquelez profita de ce moment pour prendre quelque repos; à son réveil, il aperçoit des cosaques qui gravissent le sommet de l'escarpement, et voit dans la plaine, très en arrière, notre armée s'avançant en bataille : c'était un magnifique spectacle. La vallée était fort belle, toute remplie de jolies maisons et d'immenses jardins; le versant nord sur lequel nous nous trouvions était en pente douce, tandis qu'au contraire nous voyions, tout au bord de la rivière, le versant sud se dresser jusqu'à pic à 250 ou 300 m. de hauteur; sur le sommet, à gauche, on apercevait le télégraphe, et plus loin des masses de troupes russes « et quantité de gros canons qui reluisaient au soleil. »

On traversa un beau village que les Russes n'a-

vaient pas eu le temps d'incendier; les tirailleurs français, suivis des autres troupes, gravissent l'escarpement : on franchit la rivière, ayant de l'eau jusqu'au ventre. A mesure que les zouaves arrivaient sur le plateau, le colonel les mettait en bataille, sans distinction de compagnie; le temps qu'exigeait ce mouvement, permit d'apercevoir l'armée russe rangée sur six ou sept lignes, parallèlement à la crête des hauteurs. Il est évident qu'on n'avait pas cru que l'attaque fut possible par le côté où nous étions montés. Nous vîmes leurs troupes se mettre en marche pour venir nous joindre; l'artillerie de leur réserve vint au galop prendre position devant nous. Une ligne de tirailleurs marcha à notre rencontre; les Russes firent très-bonne contenance, mais ils entendaient mal ce combat, et nous vîmes en avançant combien il leur avait été funeste.

Une ligne de huit bataillons russes ouvrit contre nous un feu assez insignifiant; nous continuâmes à avancer, de nouveaux tirailleurs leur succédèrent. Une batterie de huit pièces de gros calibre commença à nous saluer, tandis qu'un corps de cavalerie d'environ dix escadrons, s'apprêtait à nous charger. Plusieurs fois cette colonne s'ébranla pour

nous attaquer, mais elle était arrêtée par les obus de la corvette à vapeur la *Mégère*, placée près du cap Alma.

La présence de cette cavalerie obligea de prendre l'ordre en colonne, afin d'être en mesure de former les carrés, si les Russes venaient à charger, ce qui fut pour nous l'occasion de pertes considérables.

Les Russes accumulaient incessamment de nouvelles batteries sur ce point : il y avait déjà trente-deux pièces qui faisaient un horrible fracas. Quand l'artillerie française commença à prendre position ; pour gravir une pente aussi rude, les conducteurs avaient mis pied à terre, et piquaient avec leur sabre la croupe des chevaux. C'est à ce moment, que le nombre de pièces russes fut porté à quarante ; on était environné d'un nuage épais sillonné par les éclairs du feu des détonnations. Tout en donnant l'exemple du sang-froid et de la résignation, M. Masquelez décrit avec vérité les sentiments dont il est agité lorsqu'il voit l'artillerie russe semer la mort autour de lui. Il y a des instants dans la vie, où la prière est le seul soutien de l'homme, c'est ce que savent tous ceux qui ont couru de grands dangers ou éprouvé de grandes infortunes.

Le calme qu'il obtint, après avoir élevé son âme à Dieu, en fut le résultat.

Blessé profondément au côté gauche par un éclat d'obus, qui met une partie de ses vêtements en lambeaux, il se raidit contre la douleur et reste debout : un nouveau projectile lui brise le pied gauche, tandis qu'un autre lui enlève un doigt de la main droite ; il tombe, et est emporté par ses soldats. En passant devant sa compagnie, il peut voir combien il était aimé de ses chers zouaves : « Adieu, mes amis, comportez-vous bravement, comme doivent le faire des zouaves. » Transporté vers l'ambulance, il arriva que M. Masquelez, qui avait sur lui une bande, dont une partie avait servi pour un de ses soldats, fut pansé en route avec cette même bande, et comme on vit qu'il pouvait attendre, on s'occupa des autres blessés. Il dut peut-être, à cette circonstance, d'avoir conservé son pied, car l'amputation ayant été retardée, on finit par reconnaître qu'elle n'était pas absolument nécessaire.

Du reste, à aucune époque, la médecine militaire ne s'est autant distinguée que dans cette memorable campagne : combien d'amputations ont été épargnées. M. Masquelez parle d'un de ses amis,

son compagnon d'infortune, qui, blessé au pied d'une balle cylindro-conique, fut guéri radicalement avec une habileté remarquable ; dans d'autres temps, l'amputation eût été inévitable. Ayant à lutter contre le climat, le choléra, le typhus, les fièvres, nos médecins ont été admirables de dévouement, mais ausssi combien ont succombé à la tâche pénible et glorieuse qu'ils avaient à remplir.

Évacué sur Constantinople, notre auteur décrit avec reconnaissance les soins dont il a été l'objet de la part des médecins, et surtout de ces bonnes sœurs de la charité, ces saintes filles du Christ, dont les douces paroles et les consolations ont été pour l'âme et le moral des malades, ce que l'habileté de nos médecins ont été pour leur corps.

M. Masquelez fait voir que la mortalité a été beaucoup moindre dans les hôpitaux qu'on ne l'a cru généralement en France. Beaucoup de militaires, cependant, sont morts devant Sébastopol, pour avoir quitté les hôpitaux avant d'être complétement guéris. Cet empressement du soldat à rejoindre l'armée, est un fait qui n'a pas besoin de commentaire.

Notre auteur rapporte une foule de circonstances relatives à son séjour à l'hôpital ; l'instant où le

général de Failly lui remit la décoration de la Légion d'honneur ; puis son retour en France. L'ouvrage de M. Masquelez est une espèce de petit roman écrit avec abandon et intérêt; nous terminerons cette espèce de table de matières par la réflexion finale de l'auteur, réflexion à laquelle nous nous associons de grand cœur :

« Honneur, mille fois honneur à celui qui a » porté si haut le drapeau de la France! »

M. Masquelez fait suivre son journal des instructions adressées par M. le maréchal de France commandant en chef l'armée d'Orient, aux généraux de division, généraux de brigade et chefs de corps.

Cette instruction de M. le maréchal Saint-Arnaud est extrêmement remarquable ; c'est un travail qu'il faudrait citer tout entier et qui se refuse à toute espèce d'analyse ; c'est, à mon avis, un document à joindre au règlement du service des troupes en campagne.

L'auteur termine son journal par des détails curieux sur l'organisation des armées anglaises et des armées russes.

En rendant justice à la bravoure et à la constance du soldat anglais, l'auteur signale l'inconvénient que présente l'armée de n'avoir pas un corps

administratif permanent, dont l'expérience et l'instruction eussent épargné au gouvernement des dépenses énormes, et aux soldats des souffrances inouïes dans la campagne de Crimée.

Quant à l'armée des Indes, il cite les écrits des généraux Briggs et Napier, et quelques articles qui ont paru sur cet objet, soit dans la *Revue d'Edimbourg*, soit dans d'autres écrits périodiques.

Le climat des Indes exige une foule de soins pour la conservation des troupes européennes : on conçoit qu'il faut qu'une armée traîne à sa suite un bagage énorme, et qu'alors le manque d'une bonne administration se présente au plus haut degré. Tout étant laissé à l'arbitraire, on a vu un officier d'un grade peu important, déclarer au général, qu'il lui fallait au moins soixante domestiques pour son service particulier : la proportion ordinaire des suivants est de trois pour un combattant, encore ce nombre est-il fort modéré, car dans la première campagne de Caboul, en 1839, le nombre des hommes qui recevait des rations à Candahar s'élevait à 80,000, sur lesquels on comptait seulement 8,802 combattants. Aussi le général sir Charles Napier compare-t-il les armées anglaises dans l'Inde, à celles de Xerxès.

En 1818, ce général organisa d'une manière régulière un corps d'équipages ; ce fut à l'aide de ce corps, créé par lui dans l'Inde, qu'il put rassembler en 1846, à Rori, une armée de 15,000 combattants, avec une rapidité qui causa alors une surprise générale.

Les révoltes qui ont eu lieu dans ces derniers temps parmi les troupes indigènes, étaient depuis longtemps prévues, et tiennent à la nature du recrutement et à l'avilissement dans lequel sont tombés les officiers indigènes.

Les castes élevées de l'Inde ont une foule de scrupules que n'ont pas les autres ; certains aliments ou boissons leur sont interdits ; il y a des objets auxquels ils ne sauraient toucher sans se souiller : la religion leur défend de traverser la mer, et elles refusent de travailler aux tranchées. Les parias n'ont pas toutes ces faiblesses, et à l'époque où l'armée a remporté ses plus brillants succès, elle était entièrement composée d'hommes de cette caste.

Les parias sont évidemment la caste sur laquelle devrait s'appuyer la puissance anglaise dans les Indes, et la mesure, prise en 1806, de défendre

d'enrôler dans l'armée des hommes de castes inférieures, fut tout à fait impolitique.

Quant aux officiers indiens, par le fait de leurs promotions, ils perdent la confiance de leurs camarades, et par l'état d'infériorité où ils se trouvent et la modicité de leur solde, ils n'ont que très-peu d'empire sur leurs soldats, avec lesquels ils sont presque confondus quand ils sont retraités. Il faut ou les assimiler aux officiers européens, ou les supprimer, et les remplacer par des officiers anglais.

Nonobstant les inconvénients d'une position aussi précaire, les officiers indiens forment la presque totalité de ceux qui conduisent les troupes à l'ennemi, et on ne compte guère que 1 officier pour 96 hommes. Dans de pareilles conditions, on doit s'étonner, comme le faisait le maréchal Soult, qu'il y ait encore quelque discipline dans l'armée des Indes.

L'armée anglaise est peut-être encore la seule où le recrutement se fasse par enrôlement prétendu volontaire, car aujourd'hui comme autrefois, les racoleurs jouent un grand rôle dans cet acte si décisif de la vie des jeunes gens. En Angleterre, le soldat s'enrôle pour la vie, il se marie sous le drapeau ; le régiment est tout pour lui : il est vrai

qu'après 21 ans de service, il a droit à une pension de retraite; mais, il faut le dire, cette pension est insuffisante, surtout pour un homme qui, comme le soldat anglais, n'est pas habitué à servir lui-même.

L'Angleterre est, de toutes les puissances de l'Europe, celle qui a l'armée la plus faible, et qui a le plus grand territoire à garder. Le soldat anglais passe, des glaces du Canada, au climat brûlant du cap de Bonne-Espérance ou des Indes; c'est une vie d'abnégation et de dévouement, sans avenir aucun, et qui par là devient d'autant plus méritoire (1).

Les grades sont conférés par le souverain, directement, lorsqu'ils ne sont pas l'objet d'un trafic autorisé par l'usage. La commission d'un officier est sa propriété particulière, il la vend à beaux deniers. Il n'y a point de temps limité pour la retraite, aussi voit-on des officiers fort âgés en activité de service. Le fameux général Havelock, qu'on a surnommé justement l'Achille anglais, aurait été atteint par la retraite, chez nous, à l'instant où il

(1) Il est étonnant que les Anglais n'aient pas songé à donner à leurs sous-officiers méritants des places d'officiers dans l'armée des Indes

était le bouclier de la puissance anglaise dans l'Inde.

L'auteur signale, d'après les documents dont nous avons parlé, les inconvénients du luxe des officiers anglais, le défaut de l'ivrognerie attribué aux soldats, et donne quelques détails fort curieux dans lesquels il nous serait impossible de le suivre, sans dépasser les bornes que nous nous sommes imposées.

La Russie est une puissance formidable par le nombre et la valeur de ses soldats et par sa politique envahissante; mais des vices d'organisation rendent cette grandeur plus apparente que réelle.

Le véritable fléau des armées russes, c'est leur administration déplorable, mille fois plus funeste aux soldats que le fer de l'ennemi, la peste ou le choléra. Vainement l'empereur Nicolas a-t-il eu recours aux moyens de répression les plus éclatants; n'a-t-on pas vu, dans cette dernière guerre, l'affaire des hôpitaux de Crimée, causer un déplorable scandale (1)?

(1) La politique russe, en continuant l'œuvre de Pierre le Grand, a poussé toutes les forces de l'empire à sa circonférence : l'intérieur du pays est resté dépeuplé et sans ressources. On pourrait dire, au figuré, que le colosse est creux

On trouve dans l'excellent ouvrage de M. Leouzon-Leduc, un exemple effrayant des déprédations de l'administration russe, lors de la campagne de Turquie, en 1829 :

Quand Diebistch succéda à Wittgenstein dans le commandement de l'armée russe, il eut jusqu'à 300,000 hommes, et cette armée, peut-être la plus belle qu'ait jamais possédée la Russie, fut presque anéantie après une campagne de deux ans, à ce point qu'au moment de la cessation des hostilités, il ne restait pas plus de 20,000 hommes disponibles à Diebistch. Assurément, si les Turcs eussent eu connaissance de cet état de choses, aucun soldat russe n'aurait repassé les Balkans.

comme une immense statue de bronze. Peut-être trouverait-on dans le dénûment du pays l'explication de bien des désastres que nous attribuons aux dilapidations.

Le tzar actuel, Alexandre II, paraît prendre, dans un empire, qui a tant de rapport avec l'empire romain, le rôle de Numa Pompilius, dont le règne pacifique fut, comme l'explique très-bien Montesquieu, plus utile à la grandeur de Rome que celui de son belliqueux fondateur.

Par une longue paix, de sages institutions, une réforme complète de l'administration, le tzar parviendra peut-être à faire disparaître les abus qui existent aujourd'hui, et jusqu'à la tradition de ces fortunes scandaleuses, acquises au prix du sang de ses sujets et de la gloire des armées russes.

Sans doute, les fatigues, les privations, les maladies exercèrent de grands ravages, mais les abus les plus monstrueux, les malversations de tout genre, de la part des chefs de corps, l'insouciance, peut-être l'avidité du général en chef, furent la véritable cause de tous ces désastres. Voici, du reste, un fait significatif :

Le 15 octobre 1829, la 5e et la 6e division d'infanterie, formant environ 15,000 hommes, partirent d'Andrinople pour se rendre à Donau, la paix était signée : c'était donc une simple marche et cependant, sept semaines après, les deux divisions étant arrivées à la frontière russe, il ne se trouvait plus que 3,000 hommes sous les armes, les autres avaient péri de misère, de froid et de faim !...

Les régiments russes n'ont pas de conseil d'administration, et toute celle-ci est concentrée dans les mains des chefs de corps, qui passent les marchés avec les fournisseurs et bénéficient sur tout... Ce système de dilapidation s'étend de grade en grade, et ne s'arrête qu'au soldat qui en est la victime.

Un ukase de 1834 fixe la durée du service à 25 ans pour toutes les armes, dont 15 ans dans les

armées actives; le soldat reste immatriculé pendant 5 ans et fait partie de la réserve générale pendant 5 autres années, en sorte qu'il n'est réellement libre qu'après 25 ans de service.

Les colonels des régiments de cavalerie non colonisés, sont chargés des remontes et de la fourniture des fourrages nécessaires à leur régiment, mais il n'en est pas de même des régiments colonisés dont la remonte n'occasionne plus aucune dépense à l'État. Chacun a son haras composé de juments russes et d'étalons anglais, et les produits suffisent au besoin des corps. Suivant le duc de Raguse, le plus grand nombre de ces chevaux servirait à monter un officier général, aussi bien qu'un simple cavalier.

L'institution de ces colonies militaires procure à la Russie une fort belle cavalerie : vingt régiments de cavalerie sont ainsi colonisés. M. Masquelez donne d'intéressants détails relativement à l'organisation de ces colonies.

Outres ces colonies, d'autres composées de régiments d'infanterie placés sur les lignes intérieures de communication du Caucase, sont destinées à former, vis-à-vis d'ennemis acharnés, le noyau d'une population qui soit entièrement dévouée à la Russie.

L'académie militaire est une institution semblable à l'école de la guerre établie en Prusse ; les officiers de toute arme y sont admis, jusqu'au grade de capitaine en premier, et d'après un examen ; la durée du cours est de deux ans, on y enseigne les mathématiques transcendantes et tout ce qui a rapport aux sciences militaires et au service des armées.

Outre l'académie, on a institué des écoles militaires dans les quartiers généraux de tous les corps d'armées, à l'imitation de ce qui se pratique en Prusse. Enfin, dans chaque province de l'empire, suivant M. Demidoff, il y a une école spéciale consacrée à l'éducation des fils de soldats (1). Tout ce que l'armée russe compte de musiciens, de vétérinaires, de commis, de géomètres sort de ces écoles.

Les élèves des écoles militaires du corps des cadets et de toutes les écoles destinées à la noblesse, reçoivent, à leur sortie, le brevet d'enseigne ou de cornette.

Les sous-officiers qui se distinguent et sont por-

(1) Ceci répond à l'institution de nos enfants de troupe ; il y a bien des années que feu M. le colonel Boissac avait proposé l'établissement d'une école de cette espèce ; elle devait être, si je ne me trompe, à La Flèche.

tés pour l'avancement, parviennent au grade d'officier, après 10 ans de service dans la garde et 12 ans dans la ligne, mais il ne peuvent être employés dans l'armée active.

Les officiers parviennent, par ancienneté, jusqu'au grade de lieutenant-colonel, mais les grades de colonel et autres, sont à la nomination de l'empereur. Les généraux concourent entre eux, par ancienneté, jusqu'au grade de général d'armée.

La simple nomination d'officier confère la noblesse, mais cette noblesse est simplement personnelle jusqu'au grade de capitaine, elle ne devient héréditaire que pour les grades supérieurs (1).

Le grade a non-seulement une grande importance dans l'armée, mais il détermine encore le rang de l'officier dans l'État, attendu que les emplois civils sont tous assimilés à un grade militaire; de telle sorte qu'un officier, qui obtient de quitter le service, pour entrer dans une administration, occupe de suite l'emploi civil assimilé à son grade.

Après 20 ans de services, les officiers ont une

(1) Cette mesure est fort sage, en ce qu'elle flatte celui qui en est l'objet, et qu'elle ne coute rien à l'État.

pension de retraite égale au tiers de leur solde, après 30 ans, cette pension est des deux tiers de cette même solde; après 35 ans la solde de retraite est égale à celle d'activité.

L'empereur prodigue à l'armée les récompenses, les décorations et les faveurs; il encourage les actions d'éclat par des armes d'honneur ou par des objets d'un grand prix; c'est ainsi que Kutusoff, après la campagne de 1812, reçut un diamant de la couronne, qui en fut détaché et remplacé par une plaque d'or portant le nom du général. Les noms des officiers, tués dans les batailles, sont inscrits sur des tables de marbre noir, placées dans les chapelles des écoles militaires. Tout cela est fort beau et parfaitement bien entendu.

Presque tous les ans, toutes les troupes de la garde sont réunies dans les environs de Saint-Pétersbourg, et l'on forme souvent, sur d'autres points de l'empire, des camps de trente à cinquante mille hommes; on fait camper et bivouaquer les troupes. Une simple note donne l'idée des mouvements à exécuter et du but à atteindre, laissant au général en chef toute liberté d'action. Un jury supérieur suit les opérations, et prononce sur la bonne ou la mauvaise direction qui leur a été donnée.

L'équipement et l'armement du soldat russe ne diffèrent de ceux adoptés par les autres armées européennes que par quelques détails. Le premier rang des escadrons de cuirassiers est armé de lances; les régiments de dragons sont exercés à combattre à pied comme à cheval, mais deux escadrons de hulans, attachés à chacun d'eux, restent constamment à cheval, étant chargés d'éclairer et de flanquer les dragons; enfin on a créé des escadrons de pontonniers à cheval, susceptibles de jeter rapidement des ponts sur des cours d'eau qui arrêteraient la marche des troupes.

Le fusil d'infanterie russe a été copié sur notre modèle 1822. Quant aux carabines, il y en a de tous les modèles, particulièrement du modèle anglais. Ils font usage de toutes espèces de balles, toutefois celles cylindro-coniques étaient en petite quantité, ainsi que les balles Nesler.

M. Masquelez a joint à ce travail l'indication de quelques manœuvres en usage dans l'armée russe; cinq planches explicatives de ces manœuvres terminent son ouvrage, qui forme un volume in-8°.

Employé, pendant de longues années, à l'école militaire de Saint-Cyr, j'ai toujours porté à mes nombreux élèves une affection presque paternelle,

et rien de ce qui les concerne ne saurait m'être indifférent; soit que parvenus au sommet de l'échelle hiérarchique, ils y déploient des vertus dignes des hommes de Plutarque, soit qu'arrêtés au début de leur carrière par des blessures glorieuses, ils rentrent forcément dans la vie civile, soit qu'ils se distinguent par des travaux utiles. Ce serait donc avec une véritable joie que je verrais réussir les ouvrages de M. Masquelez, heureux d'avoir un peu contribué à leur succès.

THIROUX,
Lieutenant-colonel d'artillerie
en retraite.

Versailles, le

NÉCROLOGIE.

La mort vient d'enlever à sa famille et à ses nombreux amis, après une courte maladie, un de ces officiers dont la longue carrière fut remarquable à plus d'un titre, soit sur les champs de bataille, soit par des travaux que la paix permet aux esprits studieux.

M. le marquis Duport de Poncharra, colonel d'artillerie en retraite, commandeur de la Légion d'Honneur, chevalier de Saint-Louis et de Sainte-Anne de Russie, est décédé à Paris le 18 janvier dernier, à l'âge de soixante-dix ans.

Duport de Poncharra *(Charles-Louis-César)*, né à Puygiron (Drôme) le 8 août 1787, appartenait à une noble et ancienne famille militaire et descendait, par son aïeule, de l'illustre chevalier Bayard.

Fidèle aux traditions de sa famille, le jeune de

Poncharra embrassa la carrière des armes et fut admis, dès l'âge de seize ans, à l'École polytechnique, le 20 novembre 1803. Passé en qualité de sous-lieutenant-élève d'artillerie à l'École d'application de Metz le 1er octobre 1806, il en sortit le 22 décembre 1808 pour rejoindre, comme lieutenant en second, le 2e régiment d'artillerie à cheval, où il devint lieutenant en 1er le 31 mars 1810.

Il fit avec distinction les campagnes de 1809, 1810 et 1811 aux armées d'Espagne et de Portugal, et se signala aux siéges de Ciudad-Rodrigo et d'Almeïda.

Aide de camp du général Charbonnel le 6 septembre 1810, il se fit remarquer à la bataille de Busaco, lors de la retraite de l'armée de Portugal; il fut en récompense promu au grade de capitaine en second le 16 août 1811, et attaché à la manufacture d'armes de Versailles.

Capitaine en 1er le 11 mai 1813, de Poncharra reprit ses fonctions auprès du général Charbonnel, sous les ordres duquel il fit les campagnes de Saxe et de France. Il combattit vaillamment à Leipzig, à Hanau, à Bar-sur-Aube, à Troyes, à Saint-Dizier, et reçut des mains de l'Empereur la croix de la

Légion d'honneur le 25 novembre 1813 ; il n'avait alors que vingt-six ans. Dans la campagne de France, il remplit par intérim les fonctions de chef d'état-major de l'artillerie du 5e corps, exercées d'ordinaire par un colonel. En 1815, il fit la campagne de l'armée des Alpes.

A la paix, le capitaine de Poncharra, qui avait reçu la croix d'officier de la Légion d'honneur, le 15 octobre 1814, fut maintenu dans son grade auprès du général Charbonnel. Dès lors, il se livra à l'étude avec la même ardeur qu'il avait déployée dans les travaux de la guerre, et s'appliqua à conquérir la réputation qu'il a si bien méritée depuis. Il fut nommé chevalier de Saint-Louis en 1822.

Chef de bataillon, le 9 juillet 1823, il fut envoyé en cette qualité à la manufacture d'armes de Maubeuge, où il rendit les plus grands services, grâce à son aptitude particulière pour tout ce qui avait trait aux armes de guerre. Le 24 août 1830 il reçut le commandement de l'artillerie de la place de Maubeuge.

Lieutenant-colonel le 23 octobre 1832, il fut appelé aux fonctions de sous-inspecteur des manufactures d'armes, qu'il conserva jusqu'en 1834,

époque à laquelle le maréchal Soult le chargea de diriger les travaux qui furent alors entrepris pour sa fabrication des premières carabines rayées, mises en essai dans l'armée. Il s'acquitta de cette tâche avec autant de sagacité que de succès et contribua à doter nos troupes d'une nouvelle arme de précision, grâce à laquelle la science du tir a fait de merveilleux progrès.

En 1835, il fut attaché au dépôt central de l'artillerie; il y resta jusqu'au 14 septembre 1837, époque à laquelle il devint directeur de la manufacture de Châtellerault.

Colonel le 30 juillet 1839 et nommé inspecteur des manufactures d'armes le 16 août suivant, il apporta dans ces fonctions une grande expérience pratique et le savoir acquis par des études sérieuses dans tous les détails de cette partie importante de notre matériel de guerre.

C'est pendant qu'il était à la tête des manufactures d'armes qu'il fut procédé à la transformation des armes à silex au système percutant et à l'établissement du fusil à percussion (modèle 1842). Il proposa d'augmenter le calibre de notre fusil de guerre, afin d'employer des balles plus lourdes; sa proposition fut adoptée et rendue exécutoire par le

ministre de la guerre. Il rédigea un mémoire remarquable sur les armes, qui fut jugé digne d'être inséré au *Mémorial de l'Artillerie* en 1842. Enfin, il a laissé en mourant un ouvrage inédit contenant l'histoire complète et générale des armes, travail pour la rédaction duquel personne plus que lui ne réunissait les qualités nécessaires.

Le colonel de Poncharra fut nommé commandeur de la Légion d'Honneur le 22 avril 1846. Un an après, le 20 octobre 1847, encore plein de force et de santé, il était admis à la retraite, par limite d'âge, après 44 années de bons et loyaux services, emportant l'estime et les regrets de ses supérieurs et de ses égaux comme de ses inférieurs. Il est mort comme il avait vécu, fidèle à la devise de son illustre ancêtre le chevalier Bayard, sans peur comme il avait été sans reproche.

Il laisse une veuve, sœur du général de division Gues-Viller, sénateur, nièce et cousine des généraux de Partouneaux. Elle appartient ainsi, à plus d'un titre, à la grande famille militaire.

AL. G.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE IXe VOLUME DE LA 4e SÉRIE

DU

JOURNAL DES ARMES SPÉCIALES.

(Janvier à Juin 185[illegible].)

Expériences sur les poudres de guerre, faites à l'arsenal de Washington, en 1845, 1847 et 1848, par A. MORDECAI, *major de l'artillerie américaine.* — Deuxième Rapport, traduit par MARTIN DE BRETTES, *capitaine d'artillerie, inspecteur des études à l'École polytechnique.* (Suite et fin.)

Appareils chrono-électriques à induction, applicables aux expériences balistiques, par MARTIN DE BRETTES, *capitaine d'artillerie, inspecteur des études à l'École polytechnique.* (Suite et fin)

Pages.

CHAPITRE III.

Appareil chrono-électrique à mouvement vertical.

CHAPITRE IV.

NOTES.

NOTE A.

NOTE B.

CHAPITRE III.

CHAPITRE IV.

CHAPITRE V.

NÉCROLOGIE.

PLANCHES.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

SCEAUX. — IMPRIMERIE MUNZEL.

R. Sprague. Lith.

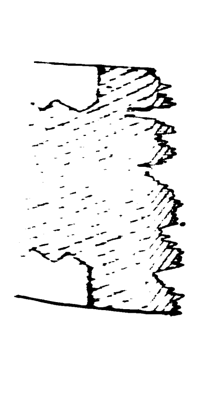
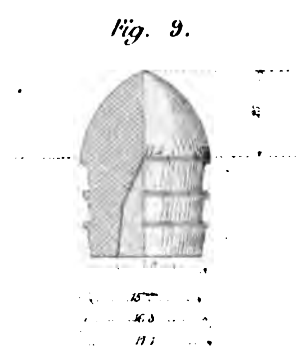
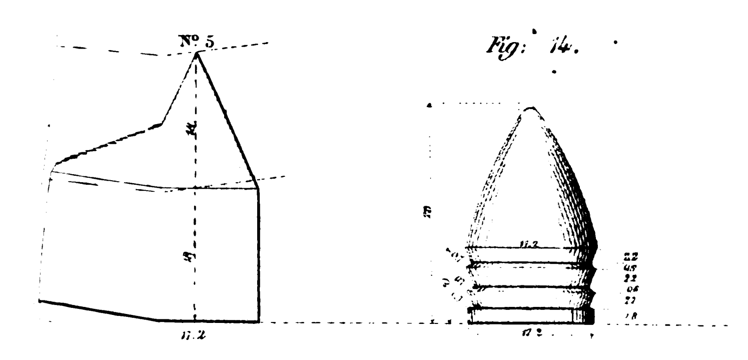
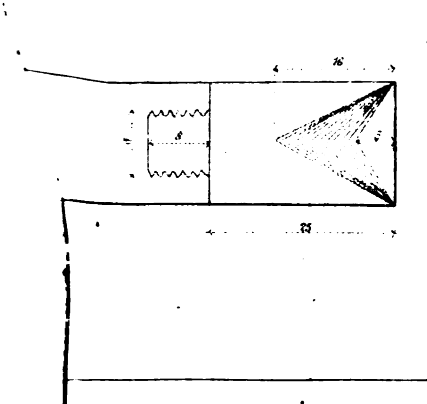


Fig. 9.







R. Sprague. Litho.

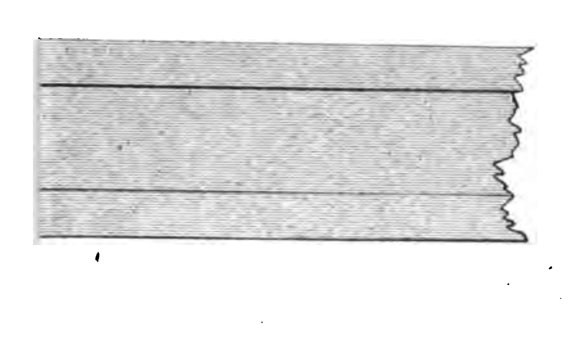


Fig. 107.

Fig. 109

Ch. Normand, Lith.

JOURNAL

DES ARMES SPÉCIALES.

JOURNAL

DES ARMES SPÉCIALES.

N° 7 A 12. — T. X. —

[illegible] SÉRIE. — JUIL. A DÉC. 1858. (A. S.) 1

AVERTISSEMENT DE L'ÉDITEUR.

Nous publions aujourd'hui les numéros de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre, tome X. Ce volume forme le deuxième semestre de l'année 1858.

Le premier janvier prochain nous reprendrons nos publications ordinaires.

J. Corréard.

JOURNAL

DES

ARMES SPÉCIALES

ET DE

L'ÉTAT-MAJOR

PUBLIÉ SUR LES DOCUMENTS FOURNIS PAR LES OFFICIERS DES ARMÉES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

PAR

J. CORRÉARD,

Ancien Ingénieur.



QUATRIÈME SÉRIE. — TOME X. — 25e ANNÉE. — Nos 6 A 12.

Juillet à Décembre 1858.

PARIS

LIBRAIRIE MILITAIRE, MARITIME ET POLYTECHNIQUE

J. CORRÉARD,

Libraire-éditeur, et libraire-commissionnaire,

RUE SAINT-ANDRÉ-DES-ARTS, 58.

1858

JOURNAL DES ARMES SPÉCIALES

ESSAI D'UNE DESCRIPTION

DE

L'ARMEMENT RAYÉ

DE L'INFANTERIE EUROPÉENNE EN 1858.

PAR

GAUGLER DE ZEMPEN, *ancien officier de chasseurs à pied.*

(Suite.)

(VOIR LE TOME IX, PAGES 189 à 352.)

CHAPITRE VI.

SOMMAIRE. — *Hesse-Électorale*. Fusil rayé. — *Hesse-Grand-Ducale* Fusil rayé de l'infanterie de ligne. — Fusil rayé des tirailleurs. — *Mecklembourg*. Fusil rayé à tige. — *Naples*. — Nassau. Fusil rayé à tige — Fusil rayé tirant la balle à culot. — *Oldenbourg*. Fusil et carabine à deux rayures. — Fusil rayé à tige. — *Pays-Bas*. Carabine de chasseurs. — Fusil rayé. — *Portugal* — *Prusse*. Carabine de chasseurs, à tige. — Fusil à aiguille de l'infanterie. — Fusil rayé (à balle à culot) de l'infanterie de ligne. — Carabine à aiguille. — *Russie*. Carabine à deux rayures. — Carabine à tige. — Fusil rayé. — *Sardaigne*. Carabine des Bersaglieri. — Fusil rayé à tige. — *Le concours Sarde*. — *Saxe*. La carabine de chasseurs, à tige. — Le fusil rayé à tige. — *Suède*. Carabine à tige. — Fusil rayé

Norwégien, se chargeant par la culasse. — Fusil rayé Suédois, se chargeant par la culasse. — Fusil rayé à balle expansive.

HESSE-ÉLECTORALE. — *Fusil rayé à balle expansive.*

Les deux brigades d'infanterie de l'armée électorale ont reçu, vers 1855, des fusils rayés à chambre (fig. 143 et 144, Pl. XIV).

DONNÉES PRINCIPALES du fusil rayé de l'infanterie électorale.		MESURES HESSOISES.	MESURES FRANÇAISES.
Diamètre	de l'arme	0.71 pouce	17 mm.
	de la chambre	0.6 pouce.	15.15 mm.
	de la balle	0.70 pouce.	16.86 mm.
Rayures.	Nombre	4	4
	Largeur	0.22 pouce.	5.[illegible] mm.
	Profondeur	0.02 pouce.	0.46 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur	75 pouces.	1.895 mèt.
Longueur	du canon	»	»
	de la chambre	1.14 pouce.	27.46 mm.
	de la balle	1.20 pouce.	28.77 mm.
Poids	de l'arme	»	»
	de la charge	»	»
	de la balle	2 3/4 loth.	29.4 gr.

La balle primitivement à culot (fig. 145, Pl. XIV) a été remplacée par un projectile du système

Peeters, auquel on a conservé une entrée afin de mieux l'asseoir sur la fraisure de la chambre (voir fig. 146, Pl. XIV).

HESSE-GRAND-DUCALE. — *Fusil rayé de l'infanterie de ligne.*

En 1855, l'armée du grand duché de Hesse a été pourvue d'armes rayées. Pour l'infanterie il y a deux modèles : le fusil d'infanterie (fig. 147 et 148, Pl. XIV) et le fusil de tirailleurs.

DONNÉES PRINCIPALES DU FUSIL RAYÉ de l'infanterie (Hesse-Grand-Ducale).		MESURES HESSOISES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	70 points.	17.65 mm.
	de la balle	67.6 points.	16.95 mm.
Rayures	Nombre	5	5
	Largeur (pleins égaux aux vides)	»	5.53 mm.
	Profondeur	1 point.	0.24 mm.
	Inclinaison (uniforme)	»	0.42 mm.
Longueur	du canon	4.331 points.	1.086 mèt.
	de l'arme sans baïonnette	5.870 points.	1.672 mèt.
	de l'arme avec baïonnette	7.720 points.	1.935 mèt.
	de la balle	1.20 points.	30 mm.
Poids	de l'arme sans baïonnette	9 liv. 4 loth.	4.550 kil.
	de l'arme avec baïonnette	9 liv. 27 loth.	4.900 kil.
	de la charge	0.29 loth.	4.5 gr.
	de la balle	2.6 loth.	40.50 gr.

La hausse (fig. 149, Pl. XIV) se compose d'une partie fixe et d'une partie mobile ; cette dernière est maintenue par une vis dont la pression assure la fixité de la planche mobile dans ses différentes positions; elle règle le tir jusqu'à 800 pas.

Fusil rayé des tirailleurs.

Le fusil de tirailleurs ne diffère du précédent que par la longueur du canon, qui est de 1,033 mètres, et par la hausse, qui est semblable à la hausse suisse; cette dernière est également réglée jusqu'à 800 pas.

Les deux armes comportent l'emploi de la même cartouche, dont le projectile (fig. 150, Pl. XIV) est à culot.

MECKLEMBOURG. — *Fusil rayé à tige.*

Depuis 1851, l'infanterie Mecklembourgcoise est armée d'un fusil rayé à tige dont quelques données furent empruntées au système prussien. Cette arme est à chambre tronc-conique dans laquelle se trouve vissée la tige, d'abord cylindrique, puis à quatre pans vers le sommet, et enfin se terminant par une calotte arrondie (fig. 151-152, Pl. XV).

DONNÉES PRINCIPALES DU FUSIL RAYÉ A TIGE de l'infanterie mecklembourgeoise.			MESURES	
			MECKLEMBOURGEOISES.	FRANÇAISES.
Calibre...	de l'arme	du tonnerre à environ 150 mm. du tonnerre	58.603 pouces.	15.26 mm.
		de 150 mm. du tonnerre à la bouche	58 pouces.	15.18 mm.
	de la chambre	au fond	0.52 pouce.	13.61 mm.
		à l'entrée	0 58 pouce.	15.26 mm.
	de la tige	à sa partie cylindrique	0 28 pouce.	7.33 mm.
		à sa partie prismatique	0.25 pouce.	6.54 mm.
	de la balle		0.57 pouce.	14.92 mm.
Rayures...	Nombre		4	4
	Largeur		»	5.97 mm.
	Profondeur (uniforme)		0.02 pouce.	0.52 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur		36 pouces.	0.943 mèt.
Longueur	du canon		37.25 pouces.	0.975 mèt.
	de la chambre		1.40 pouce.	36.68 mm.
	de la tige (non compris sa partie filetée)		2 pouces.	52.36 mm.
	de la balle		0.91 pouce.	23.77 mm.
Poids. ...	de la charge		1/4 loth.	3.65 gr.
	de la balle		2 loth.	29.24 gr.

On emploie avec cette arme un projectile cylindro-conique (fig. 153, Pl. XV).

NAPLES.

Nous n'avons recueilli aucune donnée positive sur l'armement de l'infanterie napolitaine; toutefois il est certain que, depuis plusieurs années déjà, certains corps sont pourvus d'armes rayées, notamment de carabines semblables au système suisse, et de fusils rayés à balles expansives. Le roi, personnellement très au fait de tous les perfectionnements apportés aux armes, fait expérimenter tout ce qui paraît de nouveau. Récemment encore, des commandes nombreuses ont été faites à Liége, mais sans que nous puissions préciser sur quel modèle elles portaient.

NASSAU. — *Fusil rayé à tige.*

Dans ce pays le système à tige fut accueilli vers 1848 et donné aux compagnies de tirailleurs.

DONNÉES PRINCIPALES DU FUSIL RAYÉ DE NASSAU (à tige).		MESURES DE NASSAU.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	0.67 pouce.	17.54 mm.
	de la tige	0.34 pouce.	8.90 mm.
	de la balle	0.65 pouce.	17.06 mm.
Rayures	Nombre	5	5
	Largeur	»	5.45 mm.
	Profondeur au tonnerre	0.018 pouce.	0.47 mm.
	Profondeur à la bouche	0.008 pouce.	0.21 mm.
	Inclinaison	»	1.333 mèt.
Longueur	du canon	38.25 pouces.	1.001 mèt.
	de la tige	1.18 pouce.	30 89 mm.
	de la balle	1.05 pouce.	27.49 mm.
Poids	de l'arme sans baïonnette	9 liv.	4.20 kil.
	de la charge	0.307 loth.	4.48 gr.
	de la balle	3.2 loth.	46.77 gr.

Cette arme (fig. 154, 155, 156, Pl. XV) se tirait avec la balle (fig. 157, Pl. XV).

Fusil rayé à balle à culot.

Depuis 1853, le modèle précédent a été remplacé par un fusil tirant la balle à culot; la balle adoptée est celle que le commandant Minié avait proposée en France, sans aucune modification. Le nouveau fusil est du reste exactement le même que l'ancien, sauf la suppression de la tige.

OLDENBOURG. — *Fusil et carabine à deux rayures.*

Le système Berner fut adopté en 1832 dans le grand duché d'Oldenbourg pour les bataillons d'infanterie : le fusil à deux rayures pour les hommes, et un peu plus tard une carabine de même construction pour les sous-officiers.

Données principales du fusil rayé oldenbourgeois.			MESURES	
			OLDENBOURGEOISES	FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme		0.696 pouce.	17.18 mm.
	de la balle	roulante	0.666 pouce.	16.44 mm.
		à calepin	0.680 pouce.	16.79 mm.
Rayures.	Nombre		2	2
	Largeur		0.36 pouce.	8.88 mm.
	Profondeur		0.03 pouce.	0.74 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur		»	1.324 mèt.
Longueur du canon			40.25 pouces.	0.994 mèt.
Poids	de l'arme avec baïonnette		10 liv. 28 loth.	5.370 kil.
	de la charge		1/2 loth.	7.35 gr.
	de la balle	roulante	»	26.32 gr.
		à calepin	»	27.77 gr.

Pour la carabine des sous-officiers on remplaça les projectiles sphériques par une balle (fig. 158, Pl. XV) à évidement ogival, et dans laquelle l'expansion se produit sous l'action directe des gaz; le calibre est de 16, 79 mm.; le fond de l'évidement est garni de papier comme protection contre la perforation par les gaz. La charge de poudre est de 3, 50 grammes.

Fusil rayé à tige.

On a employé aussi des fusils rayés à tige; ces armes, adoptées en 1847, ont une chambre de forme ogivale; la tige cylindrique, se termine par un cône (voir fig. 159 et 160, Pl. XV). Le canon est légèrement alézé vers le tonnerre.

(Voir page suivante pour les données du fusil oldenbourgeois rayé à tige.)

DONNÉES PRINCIPALES du fusil rayé oldenbourgeois (à tige).		MESURES OLDENBOURGEOISES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	0.70 pouce.	17.28 mm.
	de la tige	0.33 pouce.	8.15 mm.
	de la balle	0.68 pouce.	16.74 mm.
Rayures.	Nombre	4	4
	Largeur	0.20 pouce.	4.94 mm.
	Profondeur	0.032 pouce.	0.79 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur	80.50 pouces.	1.987 mèt.
Longueur	du canon	40.25 pouces.	0.994 mèt.
	de la chambre	0.70 pouce.	17.28 mm.
	de la tige	1.58 pouce.	39.01 mm.
	de la balle	1.10 pouce.	27.16 mm.
Poids	de l'arme sans baïonnette	10 liv. 12,4 loth.	4.90 kil.
	de l'arme avec baïonnette	11 liv. 4,0 loth.	5.35 kil.
	de la charge	1/4 loth.	3.67 gr.
	de la balle	1.8 loth.	27.35 gr.

La balle (fig. 161, Pl. XV) pèse 27, 35 grammes. La hausse, construite d'après les mêmes principes que la hausse belge, règle le tir jusqu'à 600 pas.

PAYS-BAS. — *Carabine de chasseurs (à tige).*

Depuis plusieurs années les chasseurs sont pourvus d'une carabine à tige (fig. 162, Pl. XVI) dont voici les données principales.

Données principales de la carabine hollandaise, à tige.			MESURES métriques.
Calibre...	de l'arme		14.3 mm.
	de la tige	à la base	7 mm.
		au sommet	6.5 mm.
	de la balle		14.2 mm.
Rayures...	Nombre		8
	Largeur		0.9 mm.
	Profondeur		0.5 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur		0.973 mèt.
Longueur.	du canon		0.730 mèt.
	de la tige (non compris la partie filetée)		48 mm.
	de l'arme sans sabre-baïonnette		1.126 mèt.
	de l'arme avec le sabre-baïonnette		1.711 mèt.
	de la balle		28.1 mm.
Poids . . .	de l'arme sans sabre-baïonnette		4.462 kil.
	de l'arme avec le sabre-baïonnette		5.394 kil.
	de la charge		4 gr.
	de la balle		32 gr.

Cette carabine se tire avec un projectile cylindro-ogival (fig. 164, Pl. XVI), à une seule canne-

lure que l'on garnit d'un fil de laine graissé; la hausse est à lamettes.

Fusil rayé.

Les comptes-rendus des tirs exécutés dans les Pays-Bas, en 1855 et 1856, font connaître qu'antérieurement à 1855 on a adopté un fusil rayé pour l'infanterie; nous n'avons aucune donnée sur cette arme ni sur la proportion dans laquelle elle entre dans l'armement des régiments. D'après les tableaux de tir donnés par *l'allgemein militar zeitung*, la justesse de tir serait considérable et la hausse réglée jusqu'à 800 pas. En Hollande toutes les balles sont obtenues par compression.

PORTUGAL.

Nous n'avons aucun renseignement positif sur l'armement de cette puissance.

PRUSSE. — *Carabine de chasseurs (à tige).*

Dès 1847, la Prusse a adopté, pour ses bataillons de chasseurs, une carabine à tige (fig. 165 et 166, Pl. XVI) avec laquelle on emploie une balle cylindro-conique (fig. 167, Pl. XVI) qui pèse 31,74 grammes.

Voici les données principales de cette arme :

DONNÉES PRINCIPALES de la carabine de chasseurs (à tige).		MESURES PRUSSIENNES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	0,56 pouce.	14,65 mm.
	de la chambre à l'entrée	0,56 pouce.	14,65 mm.
	de la chambre au fond	0,28 pouce.	7 33 mm.
	de la tige	0.26 pouce.	6,80 mm.
	de la balle	0.55 pouce,	14,58 mm.
Rayures.	Nombre	8	8
	Largeur (pleins égaux aux vides)	»	2,88 mm.
	Profondeur	0,025 pouce.	0,65 mm.
	Inclinaison (uniforme), un tour sur	»	0,936 mèt.
Longueur.	du canon	26,8 pouces.	0,702 mèt.
	de la chambre	0,9 pouce.	23,54 mm.
	de la tige (non compris la partie taraudée)	1,65 pouce.	43,19 mm.
	de l'arme sans sabre-baïonnette	42,75 pouces.	1,251 mèt.
	de l'arme avec sabre-baïonnette	65,75 pouces.	1,852 mèt.
	de la balle	1 pouce.	26,15 mm.
Poids	de l'arme sans le sabre-baïonnette	9 3/4 liv.	4,56 kil.
	de la charge	1/4 loth.	3,30 gr.
	de la balle	1/18 liv.	31,70 gr.

La platine de la carabine prussienne à tige est munie d'une double détente (fig. 168, Pl. XVI).

La hausse (fig. 169, Pl. XVI) a deux lamettes et règle le tir jusqu'à 700 pas.

La cartouche ne contient que de la poudre; la balle, séparée, est enduite de graisse.

Fusil à aiguille, de l'infanterie de ligne.

Vers 1835, l'armurier Dreyse, de Sommerda, avait imaginé une arme dans laquelle la production de feu se faisait par la détente d'un ressort à boudin qui chassait une aiguille au travers d'une amorce fulminante ; le chargement se faisait par la bouche, mais présentait un inconvénient grave en ce que le choc de la baguette pouvait fort bien déterminer l'explosion. M. Dreyse se décida alors à appliquer à son invention le chargement par la culasse ; de nombreuses expériences et des améliorations successives permirent son adoption vers 1848. Quelques régiments prussiens, à commencer par ceux de la garde, reçurent provisoirement cette arme, connue sous le nom de fusil à aiguille

(Zundnadelgewehr), et adoptée actuellement pour une grande partie de l'infanterie prussienne.

Le mécanisme du fusil à aiguille (fig. 170 et 170 *bis*, Pl. (XVII se compose de quatre parties principales :

1° Un cylindre boîte de culasse *(a, a, a, a)*, relié au canon par un six-pans taraudé *(b, b)*; ce cylindre, ouvert à ses deux extrémités, porte à sa partie supérieure une fente longitudinale coudée *(c, c, c)*, destinée à permettre le jeu du cylindre mobile; à sa partie postérieure il reçoit la vis de culasse qui le fixe à la monture.

2° Un cylindre mobile (voir aussi la fig. 171, Pl. XVIII) qui forme en *d* prolongement à la chambre, et qui est taraudé en *e*, de façon à recevoir le canal d'aiguille *f, f*, enfin qui sert en *g, g, g, g* de logement à la platine; il porte un bouton *h* destiné à faciliter la manœuvre du cylindre.

3° La platine (voir aussi fig. 172, Pl. XVIII); celle-ci, également cylindrique, se compose du corps proprement dit *i, i, i*, du ressort *k, k*, de l'aiguille, du porte-aiguille *l, l*, et de son ressort à boudin *m, m*.

4° La gâchette *n, n*, faisant ressort, et son ta-

lon *o*, (voir aussi la fig. 173, Pl. XVIII) ; la gâchette est reliée à la détente *p*, par une goupille.

La tranche postérieure du canon et la tranche antérieure du cylindre mobile sont fraisées de façon à se juxta-poser lorsque la fermeture a lieu.

Pour charger, on saisit le bouton de la main droite et en l'inclinant à gauche, puis, le ramenant en arrière, on découvre le tonnerre. On introduit la cartouche, puis les mouvements inverses referment le canon. L'arme est alors chargée et au repos.

Pour armer, on repousse la platine, qui a suivi le mouvement en arrière du cylindre mobile et non son mouvement inverse ; il suffit pour cela de pousser avec le pouce contre le talon *q* de la platine. Le ressort *k*, *k*, s'engageant par son cran sur l'arrêt *r*, prévient la retraite de la platine. En même temps le ressort à boudin se trouve comprimé par suite de la pression du renfort *s* contre le talon de la gâchette.

Le fusil est alors armé, ce que dénote extérieurement la sortie de la queue du porte-aiguille.

Pour faire feu, la pression du doigt sur la détente la fait s'arc-bouter en *t* contre la face inférieure de la boîte de culasse et, déterminant

l'abaissement de la gâchette, dégage le renfort *s* du porte-aiguille; l'aiguille est alors chassée violemment au travers de la poudre contre l'amorce *u* qu'elle fait détoner.

Pour désarmer sans tirer, il suffit de ramener la platine en arrière en pressant sur le bec du ressort *k k*, de façon à le dégager de l'arrêt.

La partie postérieure du canon n'est pas rayée sur une longueur égale à celle de la cartouche, et est d'un calibre plus fort que celui du reste de l'âme; toutefois, et pour empêcher la balle de se présenter trop brusquement aux rayures, le raccordement des deux calibres se fait progressivement et sans ressaut (voir fig. 171, Pl. XVIII, la section de la partie rayée du canon).

Voici ci-après les données principales du fusil à aiguille :

Données principales du fusil prussien à aiguille.		MESURES PRUSSIENNES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	du canon, partie rayée....	0.59 à 0.60 pouce.	15.5 mm.
	du canon, partie non rayée.	0.67 pouce.	17.5 mm.
	de la balle...............	0.61 pouce.	16.27 mm.
Rayures.	Nombre..................	4	4
	Largeur..................	0.23 pouce.	6.02 mm.
	Profondeur...............	0.03 pouce.	0.78 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur..................	»	1.145 mèt.
Longueur	du canon (du six-pans à la tranche à la bouche)......	35 pouces.	0.916 mèt.
	de l'arme sans baïonnette....	»	1.430 mèt.
	de l'arme avec baïonnette....	»	1.953 mèt.
	de la balle...............	0.96 pouce.	25.33 mm.
Poids	de l'arme avec la baïonnette ..	11 liv. 25 loth.	5.41 kil.
	de la charge..............	7/24 loth *.	4.26 gr.
	de la balle...............	2 loth.	29.23 gr.

* Il y a une deuxième charge de 8/24 de loth (4.87 grammes) qui s'emploie exceptionnellement pour les distances au delà de 600 pas.

Le projectile est tracé fig. 175, Pl. XVIII.

La hausse du fusil à aiguille est semblable à celle de la carabine à tige (fig. 169, Pl. XVI) ; seulement elle n'est réglée que jusqu'à 600 pas (450 mètres). Jusqu'à cette distance le tir est fort exact, mais, cette limite dépassée, la justesse décroît rapidement.

Fusil rayé prussien de l'infanterie de ligne, tirant la balle à culot.

En 1855, les régiments prussiens auxquels on n'avait pas encore donné des armes à aiguille, reçurent des fusils rayés, qui ne sont autres que le modèle 1839 transformé; la transformation ne consiste que dans la rayure (fig. 176, Pl. XVIII) et l'addition d'une hausse. La culasse contient une chambre tron-conique semblable à celle de la carabine à tige.

Le projectile (fig. 177, Pl. XVIII) est à culot et pèse 45, 67 grammes.

DONNÉES PRINCIPALES du fusil rayé prussien, tirant la balle à culot.		MESURES PRUSSIENNES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	0.69 à 0.71 pouce	18 à 18.5 mm.
	de la chambre tron-conique	»	»
	de la balle	0.675 pouce.	17.65 mm.
Rayures.	Nombre	5	5
	Largeur (vides égaux aux pleins)	»	5.58 mm.
	Profondeur	0.01 pouce.	0.26 mm.
	Inclinaison	59 1/2 pouces.	1.556 mèt.
Longueur	du canon	40 pouces.	1.046 mèt.
	de l'arme sans baïonnette	55 pouces	1.438 mèt.
	de l'arme avec baïonnette	73 1/2 pouces.	1.922 mèt.
	de la balle	1.1 pouce.	28.77 mm.
Poids.	de l'arme avec baïonnette	10 livres.	4.677 kil.
	de la charge	17/48 loth.	5.18 gr.
	de la balle	3 1/8 loth.	45.67 gr.

La hausse du fusil rayé (fig. 178, Pl. XVIII) est en partie fixe et en partie mobile; elle se rabat indifféremment en avant et en arrière; la hausse fixe donne la ligne de mire aux distances de 150 et 300 pas; la hausse mobile porte un curseur: pour le tir à 400 pas, on dresse la hausse, le curseur restant abaissé, et on vise alors par l'encoche de sa fenêtre; à 600 pas, par l'encoche de son brod supérieur; à 800 pas, on emploie l'encoche du bord supérieur de la planche de hausse; enfin pour les tirs à 850, 900, 950 et 1,000 pas, on vise par l'encoche du bord supérieur du curseur, en faisant mouvoir celui-ci de telle façon que son bord inférieur vienne affleurer les divisions portant les chiffres indicateurs de ces distances.

Carabine à aiguille.

Cette carabine vient tout récemment d'être donnée aux compagnies de tirailleurs des régiments de la garde, ainsi qu'aux deux bataillons de chasseurs de la garde. Le système est le même que celui du fusil à aiguille; seulement le pro-

ectile (fig. 179, Pl XVIII) est différent et appartient au système Wilkinson-Lorenz; l'évidement qu'il porte à sa partie postérieure n'est destine qu'à loger l'amorce.

Russie. — *Carabine à deux rayures.*

Les Russes ont adopté dans l'origine la carabine à ceinture ; ils l'ont conservée en y adaptant un projectile cylindro-ogival (fig. 180 et 181, Pl. XIX), dans lequel ils ont remplacé la ceinture par deux ailettes qui s'engagent dans les rayures.

Données principales de la carabine russe (à ceinture.)			Mesures métriques.
Calibre	de l'arme		17,8 mm.
	de la balle	à sa partie cylindrique	17,4 mm.
		aux ailettes	18,3 mm.
Rayures	Nombre		2
	Largeur		7,9 mm.
	Profondeur		0,8 mm.
	Inclinaison (uniforme), un tour sur		0.80 mèt.
Longueur	du canon		0,80 mèt.
	de l'arme sans baïonnette		1,181 mèt.
	de l'arme avec baïonnette		1,716 mèt.
	de la balle		30 mm.
Poids	de l'arme sans baïonnette		4,35 kil.
	de l'arme avec baïonnette		5,217 kil.
	de la charge		4,00 gr.
	de la balle		31 gr.

Cette carabine est donnée aux bataillons de chasseurs.

Carabine à tige.

On emploie aussi en Russie une carabine à tige sur laquelle nous n'avons que des données très-incomplètes. Elle est du calibre de 18 millim. et son projectile (fig. 182, Pl. XIX) pèse environ 44 grammes.

Fusil rayé.

Depuis peu on s'occupe très-activement de rayer les fusils lisses de l'infanterie. Cent mille armes sont actuellement en voie de transformation. La balle employée est expansive.

SARDAIGNE. — *Carabine à chambre des Bersaglieri.*

La carabine des Bersaglieri (fig. 183 et 184, Pl. XIX) est une des premières armes auxquelles le système Delvigne ait été appliqué. Le projectile (fig. 185, Pl. XIX) pèse 35 grammes, et se tire avec une charge de 3,50 grammes.

Le chien de cette carabine fait en même temps amorçoir.

La chambre, cylindrique, est fraisée pour assurer l'assiette de la balle.

Données principales de la carabine des Bersaglieri.		Mesures métriques.
Calibre. .	de l'arme	16.9 mm.
	de la chambre.	11.3 mm.
	de la balle	16.5 mm.
Rayures.	Nombre.	8
	Largeur	2.35 mm.
	Profondeur.	0.3 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur.	0.115 mèt.
Longueur	du canon	0.748 mèt.
	de la chambre.	47 mm.
	de l'arme sans baïonnette . . .	1.40 mèt.
	de l'arme avec baïonnette . . .	1.70 mèt.
	de la balle	23.2 mm.
Poids. . .	de l'arme sans baïonnette . . .	4.2 kil.
	de l'arme avec baïonnette. . .	5.3 kil.
	de la charge	3.5 gr.
	de la balle.	5.5 gr.

La hausse de cette carabine est à lamettes.

La plaque de couche est cintrée, et son bec se termine par une sorte de pique afin que l'homme puisse s'aider de son arme lorsqu'il a à gravir un escarpement.

Fusil rayé, à tige.

Depuis 1854 on a aussi introduit dans l'armée

sarde un nouveau fusil rayé ; ce dernier (fig. 186 et 187, Pl. XIX) est à tige et comporte l'emploi d'un projectile cylindro-conique (fig. 188, Pl. XIX) du poids de 46,25 grammes.

Données principales du fusil sarde rayé, à tige.			MESURES métriques.
Calibre...	de l'arme		17.5 mm.
	de la tige		8.5 mm.
	de la balle		17.2 mm.
Rayures...	Nombre		4
	Largeur		6 mm.
	Profondeur	au tonnerre	0.5 mm.
		à la bouche	0.2 mm.
	Inclinaison, un tour sur		1.50 mèt.
Longueur.	du canon		1.027 mèt.
	de la tige (non compris la partie filetée)		38 mm.
	de l'arme sans baïonnette		1.[illegible] mèt.
	de l'arme avec baïonnette		1.860 mèt.
Poids . . .	de l'arme sans baïonnette		4.45 kil.
	de l'arme avec baïonnette		4.75 kil.
	de la charge		4.10 gr.
	de la balle		46.25 gr.

La hausse à curseur, et semblable à la hausse française, est réglée jusqu'à 900 pas.

Le Concours sarde.

Enfin, au mois de janvier 1857, le ministère sarde décréta la mise au concours d'une arme qui devra remplir les conditions suivantes :

a Fournir un tir tendu, exact et pénétrant.

b Sa cartouche doit être de préférence plus légère que la cartouche actuelle d'infanterie, et, dans tous les cas, ne pas être plus pesante que cette dernière.

c Avoir toutes les qualités d'une bonne arme de guerre, c'est-à-dire qu'elle se construira, réparera, dirigera et chargera facilement; elle sera solide et propre au combat à la baïonnette.

Des prix seront distribués à ceux des concurrents qui auraient présenté des armes offrant des résultats remarquables, quoiqu'elles ne correspondent pas pleinement aux conditions imposées.

On ne peut qu'applaudir vivement à la détermination prise par le gouvernement sarde de faire un appel aussi large à tous les hommes spéciaux, quelle que soit leur nationalité; il ne peut en naître que de bons résultats. On néglige trop souvent l'élément de l'armurerie civile, qui pourrait fréquemment rendre des services si on lui posait clairement l'énoncé de ce qu'on attend d'elle. Livrée à elle-même, il lui arrive parfois de s'égarer et de présenter aux commissions militaires des armes incompatibles avec ce que l'on doit exiger pour un service de guerre, tandis que, prévenue des écueils à éviter, elle se relèverait prompte-

ment du discrédit dans lequel elle est tombée aux yeux des corps savants. Une première expérience de ce genre a été tentée avec succès en Angleterre; espérons qu'il en sera de même de celle-ci.

SAXE. — *La carabine de chasseurs, à tige.*

En 1849, les anciennes carabines saxonnes de chasseurs furent transformées au système à tige en y ajoutant une chambre. Cette arme, du calibre de 14, 7 millim., avait une longueur de canon de 0, 76 cent., et 8 rayures au pas de 0, 57. Le projectile était cylindro-conique, à une cannelure.

Le fusil rayé, à tige.

En 1851, on établit un nouveau fusil rayé (fig. 189 et 190, Pl. XX) par lequel on remplaça successivement, dans les bataillons de chasseurs, les carabines transformées. Depuis, on a également donné cet armement à 2 sous-officiers et 16 hommes par compagnie dans les régiments de ligne; ces hommes sont spécialement chargés du service de tirailleurs. Le projectile (fig. 191, Pl. XX) a été modifié et pèse 23,24 grammes.

DONNÉES PRINCIPALES du fusil rayé saxon (à tige).		MESURES	
		SAXONNES.	FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	0.62 pouce.	14.66 mm.
	de la tige	0.31 pouce.	7.33 mm.
	de la balle	0.61 pouce.	14.49 mm.
Rayures.	Nombre	4	4
	Largeur	0,21 pouce.	4.96 mm.
	Profondeur	0.025 pouce.	0.59 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur	»	0.641 mèt.
Longueur	du canon	43.4 pouces.	1.026 mèt.
	de la tige	1.8 pouce.	42.55 mm.
	de la balle	0.92 pouce.	21.74 mm.
Poids	de la charge	7/20 loth.	5.10 gr.
	de la balle	1.59 loth.	23.24 gr.

La hausse de cette arme se compose d'une hausse fixe pour le tir à 200 pas (141 mètres), et de deux lamettes pour le tir à 400 pas (283 mètres), et à 600 (425 mètres).

SUÈDE. — *Carabine à tige.*

Les carabines suédoises du modèle 1845 furent ensuite transformées au système à tige. Dans la culasse de ces dernières armes (fig. 192 et 193, Pl. XX), on a ménagé une chambre dans le fond de laquelle se trouve vissée la tige, le projectile (fig. 194, Pl. XX), a de l'analogie avec la balle primitive française.

Données principales de la carabine suédoise, à tige.		MESURES françaises.
Calibre	de l'arme	19 mm.
	de l'ouverture de la chambre	19 mm.
	de la tige	9 mm.
	de la balle	18.8 mm.
Rayures.	Nombre	8
	Largeur	4 mm.
	Profondeur	0.5 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur	1.04 mèt.
Longueur	du canon	0.80 mèt.
	de la chambre	12 mm.
	de la tige (non compris la partie filetée)	47 mm.
	de la carabine sans baïonnette	1.245 mèt.
	de la balle	27.7 mm.
Poids	de l'arme sans baïonnette	6.222 kil.
	de la charge	»
	de la balle	»

La hausse est à lamettes et règle le tir jusqu'à 700 aunes (415 mètres).

Cette carabine n'est donnée qu'à 8 hommes par compagnie dans les troupes de ligne; dans les bataillons de chasseurs, elle est donnée à 12 hommes par compagnie. Toutefois, dans les corps de chasseurs de Westerbottnie et Norrbottnie, la proportion augmente : ils ont 125 carabines par bataillon de 4 compagnies.

Il y a également une carabine norwégienne à tige (1), mais nous ignorons la différence qui existe entre ces deux armes. Cette dernière est réglée jusqu'à 800 aunes (475 mètres).

La Suède possède encore deux armes se chargeant par la culasse. Nous allons les examiner, bien qu'elles appartiennent plus spécialement à la marine dont elles constituent l'armement.

Fusil rayé norwégien se chargeant par la culasse.

La première est le fusil rayé norwégien, en

(1) On sait que malgré la réunion des deux royaumes sous une même couronne, l'administration militaire reste distincte dans les deux pays.

usage déjà depuis plusieurs années et dû à M. de Scheele.

Dans cette arme (fig. 195 et 196, Pl. XX) le tonnerre mobile *a a*, contenu dans une boîte de culasse *b b*, pivote autour d'un axe excentrique *c c*, et se redresse de manière à présenter sa tranche antérieure à l'introduction de la cartouche. Le mouvement est obtenu à l'aide du bras de levier *d d*, portant un bouton *e* sur lequel il faut presser pour rendre libre le jeu du levier. Le mouvement inverse remet le tonnerre en place La sous-garde *f f* fait office de grand ressort. Le chien *g g* vient frapper la cheminée qui fait saillie au-dessous de la boîte de culasse; le chien porte en *h* un appendice transversal destiné à donner la facilité de le saisir dans le mouvement d'armer. Le calibre du tonnerre est un peu plus grand que celui du canon, dans lequel la rayure ne commence qu'un peu au delà de la tranche antérieure du tonnerre. Cette dernière est fraisée de façon à pénétrer légèrement dans le canon et à prévenir l'échappement des gaz. La balle (fig. 197, Pl. XX) pèse 51 grammes.

La hausse, à lamettes, règle le tir jusqu'à 800 aunes (475 mètres).

Fusil rayé suédois, se chargeant par la culasse.

Cette arme (fig. 198, pl. XXI) proposée par le lieutenant de Feilitzen, de la marine royale suédoise, fut adoptée en 1851. Son mécanisme semblable, à première vue, à celui du fusil norwégien, en diffère cependant considérablement : il est plus simplifié et la platine est très-perfectionnée; cette dernière comporte un grand ressort au lieu d'employer à cette fin la sous-garde; de plus, la tête du chien est en forme d'anneau, ce qui permet d'armer et surtout de désarmer avec plus de facilité et de sûreté que dans le fusil norwégien. Du reste, les différences entre les deux armes seront mieux choisies par l'examen des figures suivantes.

Fig. 199. Le canon et la boîte du tonnerre, en *a*, le logement de l'arbre excentrique, axe de révolution du tonnerre mobile; en *b*, verrou s'engageant dans la gorge de l'arbre pivot et maintenant

alors ce dernier dans son logement; en *c c*, le logement du tonnerre mobile.

Fig. 200. Le tonnerre mobile.

Fig. 201. L'arbre excentrique; en *d d*, la gorge ou rainure circulaire, dans laquelle s'engage le verrou lorsqu'il est poussé.

Fig. 202. Le levier de manœuvre.

Fig. 203 (pl. XXII). L'écusson, partie postérieure faisant en même temps office de corps de platine.

Fig. 204. L'écusson, partie antérieure livrant passage au chien, en *e*, pour lui permettre de percuter contre la cheminée.

Fig. 205. Le chien.

Fig. 206. Le ressort de gâchette.

Fig. 207. La gâchette-détente.

Fig. 208. Le grand ressort.

Fig. 209. L'appui-main, faisant office de battant de sous-garde.

Fig. 210. L'anneau de battant.

Fig. 211. La capucine.

Fig. 212. La grenadière.

Le tableau suivant renferme les données prin-

cipales de l'arme (fig. 213, pl. XXII), dont le projectile (fig. 214, pl. XXII) pèse 26 grammes.

Données principales du fusil rayé suédois, se chargeant par la culasse.		Mesures métriques.
Calibre. .	du canon (partie rayé)	14.5 mm.
	du tonnerre mobile	16.5 mm.
	de la balle	15.5 mm.
Rayures .	Nombre.	6
	Largeur	3.8 mm.
	Profondeur (uniforme)	0.5 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur.	2 mèt.
Longueur	du canon (partie rayée)	0.745 mèt.
	du fusil sans la baïonnette. . .	1.230 mèt.
	du fusil avec la baïonnette. . .	1.707 mèt.
	de la balle	22.5 mm.
Poids. . .	du fusil avec la baïonnette. . .	5.30 kil.
	de la charge	5 gr.
	de la balle	26 gr.

La baïonnette du fusil Feilitzen est à douille et à virole.

La hausse, composée de deux montants en équerre, est réglée pour les quatre distances de 200 aunes (119 mètres), 300 aunes (178 mètres), 400 aunes (238 mètres) et 500 aunes (297 mètres).

Dans ces limites, du moins, la justesse de l'arme

est considérable. Voici le résultat d'un tir exécuté sur appui, à Vincennes, au mois de juin 1855.

TIR EXÉCUTÉ avec le fusil rayé suédois se chargeant par la culasse.		NOMBRE de coups tirés.	NOMBRE DE COUPS ayant touché le but de 1m 80 de haut sur 0m 5 de large*.	NOMBRE DE COUPS ayant touché le cercle noir de 0m 1 de rayon.	POUR CENT.
Aux distances de	120 mèt.	20	20	10	100
	180 »	20	15	3	75
	240 »	20	12	0	60
	300 »	40	26	5	65

* Sur le panneau carré de 2m de côté, tous les coups avaient porté.

Fusil rayé à balle expansive.

En outre on travaille activement à rayer les fusils en service ou à en construire de neufs, d'après les principes du fusil français à balle à culot; toutefois il semblerait que la balle expansive, système Peeters, aurait plus de chances d'adoption. En tous cas, il y avait, au commencement de 1856, dans les arsenaux suédois, 20,000 fusils rayés

neufs, construits dans le pays, sans compter un assez grand nombre d'armes ayant été établies à Liége; il est probable que ces armes, et d'autres encore, auront été, depuis, distribuées aux troupes.

CHAPITRE VII.

SOMMAIRE. — *Suisse*. Expériences de 1847. — Expériences de 1848. — Expériences de 1849-1850. — Nouvelle carabine fédérale. — Le fusil rayé de chasseurs. — Expériences faites avec les nouvelles armes, 1851-1854. — Expériences de 1855; dernières expériences. — *Wurtemberg*. — Carabine de chasseurs.

Si notre cadre n'était pas si restreint, il y aurait de curieuses recherches à faire sur l'historique des armes à feu en usage dans les cantons suisses. Nulle part le tir à la carabine n'a été poussé, dès son origine, à un plus haut degré de perfection; mais cette supériorité même a nui pendant quelques années à l'introduction des idées nouvelles sur les armes rayées; on ne pouvait se décider à recevoir du dehors une direction, alors que pendant de si longues années, les carabines suisses avaient conservé une réputation incon-

testée. Contrairement à ce qui a lieu généralement, ce fut aux commissions militaires à lutter pour faire accepter le progrès par l'opinion publique.

Nous ne nous occuperons ici, ni des diverses carabines en usage encore il y a peu d'années, ni des expériences faites sur le système de Wild, système que nous avons déjà examiné. Nous passerons de suite aux expériences de 1847.

Expériences de 1847.

Dans ces expériences, la commission avait pour but de déterminer s'il y avait avantage à employer des projectiles oblongs au lieu de la balle sphérique, et de rechercher les éléments d'une carabine meilleure que celles en usage.

Les armes tirées comparativement furent au nombre de 12 :

1° La carabine sarde des Bersaglieri ; 2° la carabine française, modèle 1846, à tige ; 3° le fusil de rempart français, modèle 1840 ; 4° la carabine française de chasseurs, modèle 1842 ; 5° une carabine, système Wild ; 6° une carabine prussienne ; 7° une carabine de Berne ; 8° une cara-

bine de Lucerne ; 9° une carabine d'Uri ; 10° une carabine de Glaris ; 11° une carabine à tige, présentée par Lepage, arquebusier de Paris ; 12° une carabine, modèle Bernois, mise à tige.

Dans ces expériences, la commission reconnut la supériorité des projectiles cylindro-coniques sur les balles sphériques, comme justesse, comme portée et comme pénétration. Elle ne se considéra pas comme suffisamment éclairée pour se prononcer soit en faveur de la tige, soit en faveur de la chambre ; en tous cas elle regrettait l'emploi du calepin ; elle demandait en outre des essais nouveaux sur l'emploi de cartouches au lieu de faire usage de poires à poudre.

A cet effet on établit aussitôt deux modèles, l'un à tige, l'autre à chambre, conformes aux idées émises par la commission.

Expériences de 1848.

Cette année la commission expérimenta comparativement les armes suivantes :

1° Les deux modèles établis par son ordre ; leur balle pesait 1/24 liv. suisse=20,83 grammes

2° une carabine américaine, dont la balle pesait 1/57 liv. suisse=8,77 grammes ; 3° une carabine autrichienne, à chambre, dont la balle pesait 1/15 liv. suisse=33,33 grammes ; 4° une carabine du colonel appenzellois, Bruderer, modification du modèle américain, et dont la balle pesait 1/60 liv. suisse=8,33 grammes ; 5° une semblable d'Argovie, mais d'un calibre plus fort, la balle pesant 1/48 liv. suisse=10,41 grammes ; 6° une carabine du canton de Vaud, à balle cylindro-conique à 3 cannelures, pesant 1/31 liv. suisse=16,13 grammes ; 7° la carabine wurtembergeoise de chasseurs, système Wild ; 8° une carabine construite dans le courant des expériences et d'un calibre moindre que celles du numéro 1°, la balle pesant 1/28 liv. suisse=17,85 grammes ; cette balle était cylindro-conique, à deux rayures.

A 400 pas (300 mètres), le tir de ces différentes armes donna sur une cible carrée de 8 pieds (2,40 mètres) de côté un pour cent variant de 90 à 100 sauf toutefois pour la carabine autrichienne qui resta au-dessous de ces chiffres.

A 600 pas (450 mètres), le pour cent varie de 70 à 100 ; la carabine de Wild tombe à 26 p. 0/0.

De 700 à 800 pas (525 à 600 mètres), les ar-

mes suisses et américaines conservent seules une grande justesse.

A 900 pas (675 mètres), le pour cent de ces dernières descend à 50.

Comme pénétration, les carabines 1° et 8° se comportèrent très-bien, et la commission qui avait, dans le courant des expériences, rejeté la tige, adopta provisoirement le numéro 8° et son projectile à 2 cannelures. Il fut ordonné aux autorités cantonales de soumettre ce modèle à une nouvelle expérimentation. La divergence d'opinions conduisit à réunir de nouveau la commission.

Expériences de 1849-1850.

Elle se ressembla à Berne en 1849, et examina les armes suivantes :

1° La carabine fédérale proposa (n° 8 de 1848) avec 2 balles de 1/28 de liv. suisse=17,83 grammes, l'une à une cannelure, l'autre à deux; 2° un modèle zuricois avec une balle à une cannelure et du poids de 1/39 liv. suisse=12,82 grammes ; 3° un modèle thurgovien avec une balle de 1/42 liv. suisse=11,90 grammes ; 4° deux modèles de Lucerne; l'un d'eux ne différait de la

carabine fédérale que par un pas de rayure moindre; l'autre avait un calibre compris entre ceux des numéros 1° et 3°; son pas de rayure était de 3 pieds 6 pouces (1,080 mètres) et on y avait joint 3 projectiles de différentes longueurs, dont un à 3 cannelures; 5° une carabine de Zug, dont la balle à 3 cannelures pesait 1/37 liv.=13,51 grammes; 6° 3 carabines présentées par le colonel Bruderer; deux d'un calibre plus fort que celui qu'il avait proposé en 1848, et la troisième du calibre de la carabine américaine, et rayée au pas de trois pieds deux pouces (0,960 mètres); 7° une carabine présentée par le major Noblet.

Les travaux de la commission, ayant été entravés par le mauvais temps, furent suspendus jusqu'au mois de mars 1850. Dans cet intervalle, le colonel fédéral d'artillerie, de Wurstemberger, rapporteur de la commission, rechercha une forme de projectile applicable aux carabines 2° et 3° qui étaient du même calibre de 1,036 mm. Les résultats ayant semblé très-favorables, on construisit une carabine rayée au pas trois pieds (0,90 mètres), ayant un calibre de 1,05 mm.; cette arme, tirée avec la charge de 4 grammes et la balle Wurstemberger (fig. 215, pl. XXIII), du poids de

16,6 grammes, fournit immédiatement un tir si remarquable, que la commission décida à l'unanimité son adoption pour les compagnies de carabiniers.

Le tableau suivant du pour cent obtenu aux distances de 200, 400, 600, 800 et 1,000 pas, donnera une idée de cette justesse extraordinaire.

Justesse de tir de la nouvelle carabine fédérale, expériences de 1850.

DISTANCES		DIMENSIONS DU BUT rectangulaire		POUR CENT obtenu	OBSERVATIONS.
en pas.	en mètres.	en pieds.	en mètres.		
200	150	2 sur 2	0.60 sur 0.60	100	»
»	»	4 » 4	1.20 » 1.20	100	»
»	»	8 » 8	2.40 » 2.40	100	»
400	300	2 » 2	0.60 » 0.60	100	»
»	»	4 » 4	1.20 » 1.20	100	»
»	»	8 » 8	2.40 » 2.40	100	»
600	450	4 » 6	1.20 » 1.80	97	vent violent.
»	»	8 » 8	2.40 » 2.40	100	*idem*.
800	600	4 » 6	1.20 » 1.80	78	vent.
»	»	4 » 6	1.20 » 1.80	90	»
»	»	8 » 8	2.40 » 2.40	100	»
1000	750	4 » 6	1.20 » 1.80	66	»
»	»	4 » 6	1.20 » 1.80	58	vent.
»	»	8 » 8	2.40 » 2.40	96	»
»	»	8 » 8	2.40 » 2.40	86	vent.
»	»	13 » 10	3.90 » 3.00	100	»
»	»	15 » 10	3.90 » 3.00	92	vent.

Les autres armes s'approchèrent plus ou moins de ces résultats tout en restant inférieurs. On reconnut toutefois qu'avec les très-petits calibres la justesse, aux dernières distances, décroissait rapidement.

La nouvelle carabine fédérale.

Cette arme, adoptée pour l'armement des compagnies de carabiniers, a reçu la désignation de carabine modèle 1851, ou nouvelle carabine fédérale; ses données principales sont les suivantes :

DONNÉES PRINCIPALES de la nouvelle carabine fédérale suisse.		MESURES SUISSES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	du canon	3.5 lignes.	10.5 mm.
	de la chambre	3.5 lignes.	10.5 mm.
	de la balle	3.46 lignes.	10.4 mm.
Rayures.	Nombre	8	8
	Largeur, les pleins égaux aux vides	0.69 ligne.	1.96 mm.
	Profondeur	0.07 ligne.	0.21 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur	3 pieds.	0.90 mèt.
Longueur	du canon, culasse non comprise	2.71 pieds.	0.813 mèt.
	de la chambre	8.5 lignes.	25.5 mm.
	de l'arme sans baïonnette	4.15 pieds.	1.245 mèt.
	de l'arme avec baïonnette	5.85 pieds.	1.755 mèt.
	de la balle	8.5 lignes.	25.5 mm.
Poids. .	de l'arme avec baïonnette	9 3/4 liv.	4.875 kil.
	de la charge	1/125 liv.	4 gr.
	de la balle	1/30 liv.	16.66 gr.

La carabine fédérale (fig. 216 et 217, pl. XXIII) est à double détente. La platine (fig. 218, pl. XXIII) est à chaînette et ne porte qu'un seul cran.

La hausse (fig. 216, 219 et 220, pl. XXIII) est fixée au canon d'une manière particulière; on l'engage, par le côté, dans une glissière pratiquée dans l'épaisseur du canon, et on la maintient alors à l'aide d'une petite vis à pointe faisant pression de haut en bas. La hausse est réglée de 200 à 1,000 pas.

La baguette d'acier (fig. 221, pl. XXIII) porte une tête avec rondelle d'arrêt, de façon à empêcher que l'on n'appuie le projectile sur la poudre.

Toutes les garnitures de l'arme sont en fer; le canon est bronzé.

Le fusil de chasseurs.

Le gouvernement fédéral, satisfait des résultats obtenus, ordonna en 1851 l'établissement d'un fusil rayé destiné à armer les compagnies de chas-

seurs (1). Quoique seulement établie vers 1853, cette arme fut connue sous le nom de carabine de chasseurs, modèle 1851. Mise aussitôt en expérience, elle ne fut définitivement arrêtée qu'au commencement de 1856. Les modifications apportées au premier modèle consistent principalement dans le nombre des rayures, primitivement de 8, actuellement de 4; dans la longueur du canon, augmentée de 3 pouces (9 centimètres); dans l'inclinaison des rayures dont le pas de 3 pieds (90 centimètres) est devenu de 27 pouces (81 centimètres); et enfin dans les garnitures, primitivement en cuivre, actuellement en fer.

Le fusil rayé de chasseurs, dont la section est indiquée (fig. 222, pl. XXIII), emploie un projectile (fig. 223, pl. XXIII) dont le poids est de 16,66 grammes.

(1) Outre les 45 compagnies de carabiniers (plus 26 de la réserve) fortes de 100 hommes et administrées isolément, il y a encore dans chaque bataillon d'infanterie, fort de six compagnies à 125 hommes, deux compagnies dites de chasseurs, destinées à tirailler. Il y a 165 compagnies de chasseurs, plus 95 de réserve.

DONNÉES PRINCIPALES du fusil rayé de chasseurs suisse.		MESURES SUISSES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	du canon	3,5 lignes.	10,5 mm.
	de la chambre	3,5 lignes.	10,5 mm.
	de la ball	3,35 lignes.	10 05 mm.
Rayures.	Nombre	4	4
	Largeur, les pleins égaux aux vides	1,38 ligne.	3,98 mm.
	Profondeur.	0,67 ligne.	2,03 mm.
	Inclinaison (uniforme), un tour sur	27 pouces.	0,81 mèt.
Longueur.	du canon, culasse non comprise	3 pieds 1 ligne.	0,903 mèt.
	de la chambre	8,5 lignes.	25,5 mm.
	de l'arme sans la baïonnette.	44 pouces.	1,320 mèt.
	de l'arme avec la baïonnette.	61 pouces.	1,830 mèt.
	de la balle	8 lignes.	24 mm.
Poids.....	de l'arme avec la baïonnette.	9 livres.	4,5 kil.
	de la charge	1/128 livre.	4 gr.
	de la balle	1/30 livre.	16,66 gr.

Le fusil de chasseurs est muni d'une baïonnette à douille.

La platine est la même que celle de la carabine fédérale, mais sans double détente.

La hausse pareille à celle de la carabine seulement n'est réglée que jusqu'à 800 pas. D'ailleurs il est aisé de remarquer que dans ces deux armes la graduation de la hausse pourrait facilement être poussée plus loin si on le désirait.

Expériences faites avec les nouvelles armes. Expériences de 1851-54.

Les expériences faites en Suisse sur le nouvel

armement ont été pour ainsi dire non interrompues jusqu'à ce jour ; sans les suivre dans tous leurs détails, nous en tracerons rapidement les points principaux.

Dans cette période, on fit de nombreuses expériences sur la portée, la justesse et la pénétration des deux carabines. On les compara également à diverses armes étrangères, savoir : la carabine française, modèle 1846, à tige ; le fusil français, modèle 1842, lisse ; la carabine autrichienne Delvigne Augustin ; la carabine sarde des Bersaglieri ; et la carabine de Schleswig-Holstein.

Les fig. 224, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, pl. XXIV, représentent les cercles dans lesquels étaient compris la meilleure moitié des coups tirés avec ces différentes armes, aux distances de 200, 400, 600, 800 et 1,000 pas. Il en ressort une grande supériorité en faveur des deux modèles suisses. Il fut reconnu également que la précision du tir était un peu moindre avec la carabine de chasseurs qu'avec la fédérale ; de plus que cette différence était beaucoup moins importante encore, en ce qui concernait la pénétration.

Expériences de 1855. — *Dernières expériences.*

Les essais qui précèdent avaient suffisamment démontré les avantages, comme justesse, du nouvel armement. Ce qui pouvait soulever quelques doutes encore, c'était l'intensité de la force de pénétration; restait à savoir si des projectiles d'un aussi faible calibre pouvaient aussi bien que ceux généralement en usage, donner la mort, ou du moins produire des lésions graves, telles que fractures d'os, etc.; en un mot causer avec autant de certitude la mise hors de combat de l'ennemi.

Des expériences dirigées par le colonel Wurstemberg et le lieutenant colonel Wehrli, tous deux de l'artillerie fédérale, eurent lieu à cet effet à Thun le 16 juin 1855; leur haut intérêt nous engage à donner en entier le rapport du colonel Wehrli.

« L'arme employée fut la carabine fédérale, » chargée réglementairement. Le cheval qui de- » vait servir de but fut abattu d'un coup de hache » sur le parietal, au moment où l'expérience allait » commencer, de telle sorte qu'il se maintint » chaud pendant toute la durée de cette dernière,

» Le cadavre fut aussitôt placé sur un chevalet, » la tête et le cou soutenus par deux perches » croisées, de façon à lui conserver une position » naturelle.

« Les lésions de la peau, notamment à l'entrée » du projectile, auraient été très-difficiles à re- » connaître sans les traces de sang qu'on y re- » marquait, l'ouverture faite par la balle se re- » fermant immédiatement derrière elle. Les trous » faits par les balles à leur sortie, étaient moins » réguliers.

« *Tir à 100 pas* (75 mètres), *l'animal présentant le poitrail.*

« *Premier coup.* Touché au milieu du front. » (Voir les fig. 225, 226 et 227, pl. XXV.) Trou » rond, franc et sans esquilles dans le frontal : » traverse le cerveau et le sphénoïde et sort vers » la gorge en déchirant la peau.

« *Numéro* 2. Perce l'os droit du nez d'un trou » rond et sans esquilles, traverse le palais, la ca- » vité de la bouche et sort entre les glandes lym- » phatiques.

« *Numéro* 3. Brise l'arcade sourcillière gau- » che, perce le globe de l'œil, effleure le nerf op-

» tique, se dirige vers le bord supérieur de la » mâchoire inférieure, et sort en déchirant la peau » de la ganache.

« *Numéro* 4. Traverse le muscle occipital et le » muscle porteur, et sort près de l'oreille droite.

« *Numéro* 5. Traverse le sternum, le muscle » radial, rencontre l'artère milliaire et la coupe, » brise la partie inférieure du radius, l'articula- » tion du cubitus et sort enfin près de là. Le sang » coule en abondance ; on l'arrête au moyen d'un » bout de corde.

Tir à bout portant. (Le tireur à genoux ; le cheval présente encore le poitrail).

« *Numéro* 6. La balle entre obliquement vers » le muscle pectoral droit et se dirige vers le flanc » droit où elle sort après avoir, sur son passage » tantôt effleuré, tantôt traversé les poumons, » l'estomac, le foie et les intestins, et occasionné » des lésions dans les poumons et le foie.

« *Numéro* 7. Entre dans le creux du poitrail, » ouvre la grande artère qui se trouve derrière et » en fait jaillir un torrent de sang encore chaud. » La balle déchire les poumons, perce l'estomac,

» sillonne le foie et ravage les entrailles sur sa » route. Elle vient s'arrêter dans les vertèbres » lombaires où elle reste plutôt collée que plan- » tée.

Tir à 100 pas. — L'animal présentant la croupe.

« *Numéro* 8. Entre par le muscle fessier de » gauche, fait sauter la partie supérieure du tibia » en morceaux dont quelques-uns ont deux à » trois pouces de long; enfin sort au-dessous du » genou.

« *Numéros* 9, 10, 11, 12. Traversent les mus- » cles de la croupe dans des directions indiquées » dans les fig. 225, 226, 227, sans rencontrer d'os. » On n'a pu, faute de temps, examiner si les pro- » jectiles avaient, sur leur passage, atteint quelques » nerfs importants.

Tir à 300 *pas* (225 mètres). *Le cheval présentant le flanc droit.*

« *Numéros* 13. Brise la 8e côte de droite, tra-

» verse les poumons, effleure la 8ᵉ côte de gauche
» et s'arrête dans le tissu cellulaire de la peau.

« *Numéro* 14. Pénètre dans le poumon entre
» la 5ᵉ et la 6ᵉ côte de droite, et sort à gauche en
» perçant la peau.

« *Numéro* 15. Frappe la 7ᵉ côte de droite, l'ef-
» fleure, perce les poumons et le foie et perce la
» peau en sortant à gauche.

Tir à 400 pas (300 mètres). ***Même position que dans le tir précédent.***

« *Numéro* 16. Pénètre entre la 8ᵉ et la 9ᵉ côte
» de droite, dans les extrémités des poumons, tra-
» verse le foie et les entrailles et sort à gauche en
» perçant la peau.

« *Numéro* 17. Brise la 6ᵉ côte de droite, tra-
» verse les poumons et vient s'arrêter sur la 6ᵉ côte
» de gauche.

« En récapitulant nous voyons que le coup
» numéro 1 aurait provoqué inévitablement une
» mort instantanée. Les numéros 3 et 5 auraient
» mis sur-le-champ l'animal hors de combat et
» auraient été suivis de mort.

« Le numéro 2 causerait une blessure inguérissable, mais sans pour cela mettre immédiatement le cheval hors de combat.

« Le numéro 4 ne l'aurait pas mis hors de service.

« Le numéro 8 aurait aussitôt enlevé au cheval la faculté de se mouvoir et entraîné sa mort.

« Les coups 9, 10, 11, 12, auraient plus ou moins gêné ses mouvements, mais n'auraient pas eu pour conséquence sa mise hors de service.

« Les numéros 13, 14, 15, auraient tué l'animal, sinon sur-le-champ, du moins en peu de temps.

« Enfin, les coups 6, 7, 16, 17, auraient provoqué une mort instantanée. »

Cette expérience fut jugée trop concluante pour qu'il y eut lieu de la renouveler. On continua néanmoins, aussi bien à Thun que dans les établissements cantonaux, à comparer les nouvelles armes fédérales aux dernières armes en usage dans les diverses armées européennes.

Le tableau suivant donne le résultat comparatif de la justesse obtenue dans lers derniers essais, faits à Thun :

TABLEAU DES POUR CENT

obtenus dans un tir comparatif entre les armes rayées suisses et celles de quelques autres puissances.

DISTANCES DE	600 pas (450 m.)	800 pas (600 m.)			1,000 pas (750 m.)				1,200 pas (900 m.)	1,600 pas (1,200 m)
Dimensions du but. Hauteur	8 pieds (2.40 m.)	8 pieds (2.40 m.)	9 pieds (2.70 m.)	13 pieds (3.90 m.)	8 pieds (2.40 m.)	10 pieds (3.00 m.)	13 pieds (3.90 m.)	9 pieds (2.70 m.)	10 3/4 pieds (3.22 m.)	10 3/4 pieds (3.22 m.)
Dimensions du but. Largeur	8 pieds (2.40 m.)	8 pieds (2.80 m.)	12 pieds (3.60 m.)	20 pieds (6.00 m)	8 pieds (2.40 m.)	13 pieds (3.90 m.)	20 pieds (6.00 m.)	30 pieds (9.00 m)	19 [illegible] pieds (5.[illegible] m.)	19 1/3 pieds (5.80 m.)
DÉSIGNATION DES ARMES employées.										
Carabine fédérale suisse.	100	100	»	»	96	92 - 100	»	»	85	47
Fusil de chasseurs, suisse.	100	100	»	»	»	»	»	»	»	30
Fusil rayé badois........	74	52	»	»	30	»	»	61	»	»
Fusil rayé belge	»	»	»	55	»	»	20	»	»	»
Fusil à aiguille, prussien.	73*	»	»	»	»	»	»	»	»	[illegible]
Fusil rayé anglais (modèle 1853)........	»	»	40	»	»	»	»	»	»	»

* La cible employée avec le fusil à aiguille avait 8 pieds de hauteur sur 12 de largeur (2.40 m. sur 3.60 m)

Les expériences cantonales faites à Zurich, sous la direction du colonel Bernold, à Bière, sous celle du colonel Veillon, à Aarau par le colonel Schwartz, ne firent que confirmer l'excellence des résultats déjà obtenus.

Wurtemberg. — Carabine de chasseurs.

Dans l'armée Wurtembergeoise, 10 hommes par compagnie sont armés d'une carabine du système Wild. Voici les données principales de l'arme (voir fig. 228 et 229, pl. XXIII).

DONNÉES PRINCIPALES **de la carabine wurtembergeoise,** de chasseurs.		MESURES WURTEMBERGEOISES.	MESURES FRANÇAISES.
Calibre	de l'arme	5.86 lignes.	14 mm.
	de la balle	5.70 lignes.	13.6 mm.
Rayures.	Nombre	12	12
	Largeur	»	2.20 mm.
	Profondeur	»	1.47 mm.
	Inclinaison (uniforme) un tour sur	»	0.85 mèt.
Longueur	du canon	2 pieds 5 pouc.	0.715 mèt.
	de l'arme avec baïonnette	»	»
	de la balle	»	24 mm.
Poids	de l'arme avec baïonnette	9 livres 10 loth	4.34 kil.
	de la charge	3/8 loth.	6 gr.
	de la balle	»	»

La nouvelle balle sphéro-conique, fig. 231, pl. XXIII, s'enveloppe d'un calepin en futaine et se lie à la cartouche.

CHAPITRE VIII.

SOMMAIRE. — Des cartouches d'infanterie. — Différents modes de confection. — Différences principales dans les éléments constitutifs des cartouches. — Des balles explosives et incendiaires.

Des cartouches d'infanterie. Différents modes de confection.

Il n'y a plus qu'un fort petit nombre d'armes avec lesquelles on ne fasse point usage de cartouches. Dans ce cas même, on emploie le plus souvent des cartouches à poudre, les balles étant à part et portées dans leur poche. Exemples : la carabine hollandaise, à tige, dont la balle porte dans sa cannelure un fil graissé; la carabine prussienne, à tige, dont la balle est enduite de

graisse; la carabine russe à deux rayures; la carabine des Bersaglieri; les projectiles sont parfois aussi accompagnés de leur calepin sur lequel on fait une ligature avec un fil de laine graissé. C'est ainsi, par exemple, que l'on opère avec la balle de la carabine fédérale suisse, fig. 230, pl. XXIII, et celle de la carabine Wurtembergeoise, fig. 231, pl. XXIII.

Quant aux cartouches à balles, elles se composent toutes d'une enveloppe en papier plus ou moins fort, réunissant dans un même étui la poudre et le projectile, les amorces restant à part. Les diverses propositions tendant à remplacer le papier par d'autres matières, telles que la baudruche par exemple, n'ont pas reçu la sanction de l'expérience; les modifications proposées ont généralement eu pour résultat d'augmenter l'encrassement. Les tentatives de relier l'amorce à la cartouche n'ont pas eu plus de succès, et sont repoussées dans la crainte d'augmenter considérablement les chances d'explosion accidentelle. Enfin, les amorces sont toutes contenues dans une alvéole de cuivre; toutefois les Anglais ont fait depuis deux ans de nombreuses expériences sur des capsules en gutta-percha, présentées par

M. Eley, bien connu par ses cartouches à grande portée pour la chasse; d'abord repoussées, elles sont de nouveau en essai à Hythe; l'avantage qu'elles présenteraient serait de protéger la charge contre l'humidité pénétrant par le canal de la cheminée, mais jusqu'à présent il n'est pas prouvé qu'elles le fassent plus efficacement que les capsules ordinaires bien conditionnées.

Les étuis à cartouches s'obtenant partout par l'enroulement, à la main, du papier autour d'un mandrin cylindrique, les seules différences à noter consistent dans le mode de fermeture, ou dans l'emploi d'un deuxième étui intérieur destiné à séparer complétement la poudre de la balle et à donner plus de solidité aux munitions.

On peut partager dès lors les cartouches en deux groupes principaux :

Le premier comprend celles dans lesquelles la balle se trouve en contact avec la poudre, la fermeture ayant lieu à l'aide d'un fil noué sur le projectile ou au-dessus de ce dernier.

Telles sont, entre autres, la cartouche de la carabine à tige belge; le papier étant roulé autour de la balle est maintenu par une ligature faite sur la dernière cannelure, et le papier coupé

à cette hauteur; la poudre introduite dans l'étui, ce dernier se ferme par une torsion du papier, (voir fig. 232, pl. XXVI).

La cartouche hanovrienne (fig. 233, pl. XXVI), même confection, seulement la fermeture s'opère par un double pli, rabattu carrément.

Les cartouches des fusils rayés à tige, mecklembourgeois (fig. 234), et oldenbourgeois (fig. 235, pl. XXVI), sont établis d'après le même principe mais par un moyen différent; l'étui formé sur un mandrin tron-conique est ensuite fermé par un collage à la gomme; la balle n'est placée qu'après la poudre et une ligature faite sur la cannelure termine l'opération. Le chargement a lieu en introduisant dans le canon la cartouche entière qui, sous le choc de la baguette, se rompt et coiffe la tige.

Dans la cartouche saxonne (fig. 237, pl. XXVI), la ligature a lieu au-dessus de l'ogive de la balle.

Dans les cartouches des fusils se chargeant par la culasse: Norwégien, fig. 238, et Suédois, fig. 239, Pl. XXVI, elle se fait sur la cannelure.

Dans ces différents cas la cartouche est ensuite graissée à hauteur de la balle.

Le deuxième groupe comprend les cartouches

dans lesquelles il y a séparation entre la balle et la poudre.

Cette séparation s'effectue par divers moyens : le plus compliqué est celui employé pour le fusil à aiguille prussien (fig. 236 Pl. XXVI); dans cette cartouche, qui offre cette autre particularité qu'elle renferme son amorce, la poudre est séparée de la balle par un cylindre de papier roulé et comprimé à la machine; ce sabot en papier reçoit ainsi une cavité dans laquelle se loge la matière détonnante qui doit exploder sous le choc de l'aiguille et une deuxième, servant d'assiette à la balle ; la cartouche est graissée sur la longueur du projectile.

Le moyen le plus simple est celui en usage pour les cartouches bavaroises (fig. 240 et 241, Pl. XXVI): il consiste en une ligature au-dessus de la balle, qui l'isole complètement. C'était aussi celui que l'on employait pour la cartouche de la carabine à chambre autrichienne, avec platine Console-Augustin ; cette cartouche portait aussi son amorce suspendue par un fil (fig. 242, Pl. XXVI).

Le troisième moyen de séparation, et le plus en usage surtout pour les balles expansives, a été employé en premier lieu en France. Ce procédé consiste à rouler sur le mandrin, outre le papier, un

petit rectangle en carton ; en rentrant dans la partie évidée du mandrin le papier qui dépasse, on forme ainsi un premier étui destiné à recevoir la poudre. Plaçant alors la balle contre le mandrin (l'ogive engagée dans l'évidement), on roule autour un trapèze de papier et on termine comme, pour une cartouche ordinaire. Voir fig. 243 et 244, Pl. XXVII, les cartouches françaises pour carabine à tige et fusil de la garde impériale. La cartouche est ensuite graissée suivant la longeur de la partie cylindrique de la balle.

Des procédés analogues sont suivis :

En Angleterre, pour la cartouche du fusil rayé (fig. 245, Pl. XXVII).

En Autriche, pour les cartouches des nouvelles armes (fig. 245, Pl. XXVII).

A Bade, pour la cartouche du fusil rayé (fig. 247, Pl. XXVII).

En Belgique, pour celle du fusil rayé (fig. 248, Pl. XXVII).

A Dessau, pour celle du fusil rayé (fig. 249, Pl. XXVII.)

A Nassau, pour celle du fusil rayé, (fig. 250, Pl. XXVII.)

En Russie, pour la cartouche de la carabine à

tige, (fig. 251, Pl. XXVII), le carton ne sert ici qu'à augmenter la solidité ; on maintient le système à ligatures au-dessus de l'ogive et à la cannelure.

Les cartouches de la nouvelle carabine sarde (fig. 252, Pl. XXVII) et du fusil de chasseurs suisse (fig. 253, Pl. XXVII), sont établies d'après le mode français ; cette dernière, toutefois, sans carton.

En dehors des procédés que nous venons d'examiner sommairement la Prusse vient d'adopter pour son fusil rayé tirant la balle expansive une cartouche dont la confection est en partie mécanique. Cette cartouche (fig. 254, Pl. XXVIII) contient comme séparation entre la poudre et la balle un sabot en papier mâché, et elle est comprimée à l'aide d'une machine, de façon à se modeler sur les cannelures de la balle. Une autre petite machine vient ensuite piquer le papier suivant la base de l'ogive du projectile, en A, B ; cette piqûre, faite à l'instar de celle qui sépare les timbres-poste anglais, a pour but de faciliter et de régulariser le déchirement, une fois la balle engagée dans le canon.

Enfin en Angleterre on vient d'adopter une fabrication entièrement mécanique pour une nouvelle cartouche, dite cartouche-sac (*bag-cartridge*). Cette machine opère sur le papier lorsqu'il est en-

core à l'état de pâte; elle en forme de petits étuis fermés à l'une de leurs extrémités; ces étuis sont de deux dimensions différentes; l'un d'eux, servant à contenir la poudre s'introduit dans le deuxième, au fond duquel on a placé la balle; la torsion du papier à l'extrémité ouverte suffit pour la fermeture. (Voir fig. 255, Pl. XXVIII). Cette cartouche est adoptée en principe, mais nous ne savons si les machines sont déjà en activité.

La fig. 256, Pl. XXVIII, donne le croquis de la cartouche danoise, à deux balles. C'est, nous le croyons, la seule qui soit admise en Europe, bien qu'elles aient été très-préconisées par le maréchal Bugeaud pour certaines actions de guerre (1): cette autorité était pourtant d'un certain poids, et les expériences de Saint-Omer, décrites par Panot, la confirmeraient au besoin. Dans les puissances où l'armement rayé et lisse sont du même calibre, rien ne s'opposerait à ce que, dans de certains moments et quelle que que soit l'arme employée, on pût faire usage du feu à deux balles sphériques.

Différences principales dans les éléments constitutifs des cartouches.

Nous avons tracé rapidement les différences essentielles qui caractérisent les cartouches em-

(1) Bugeaud, *Aperçu sur quelques détails de la guerre*. Paris, 1846, p. 119.

ployées dans les différentes puissances, sans examiner les divers éléments qui entrent dans leur composition. La poudre, par exemple, présente des variations assez notables comme dosage des matières qui la constituent ; sa fabrication est parfaitement connue de tous, et il serait superflu d'entrer dans des détails à ce sujet; nous nous bornerons donc à présenter le tableau suivant dont les données sont empruntées à l'*Aide-Mémoire de l'artillerie française* :

Dosages en usage chez les principales puissances européennes.

PUISSANCES.	POUDRE A CANON.			POUDRE A MOUSQUET.		
	SALPÊTRE.	CHARBON.	SOUFRE.	SALPÊTRE.	CHARBON.	SOUFRE.
Angleterre	75.00 75.00 76.00	15.00 17.00 14.50	10.00 8.00 9.50	76.50 78.00 78.00	14.50 12.75 13.50	9.00 9.00 9.00
Autriche	70.00 76.00	17.00 13.00	16.00 11.00	75.50	13.20	11.80
Bavière	75.00	12.50	12.50	»	»	»
Espagne	76.50	12.70	10.80	»	»	»
France	75.00	12.50	12.50	»	»	»
Hanovre	71.20	18.00	10.80	»	»	»
Hesse électorale	73.40	13.30	13.30	»	»	»
Hesse grand-ducale	74.40	15.00	10.60	73.70	15.60	10.70
Hollande	70.00	16.00	14.00	»	»	»
Portugal	75.70	13.60	10.70	»	»	»
Prusse	75.00	13.50	11.50	»	»	»
Russie	71.00 75.00	17.50 15.00	11.50 10.00	80.00	11.30	8.70
Saxe	75.50	16.30	8.20	76.50	13.00	10.50
Suède	75.00	16.00	9.00	»	»	»
Suisse	76.00	14.00	10.00	»	»	»
Wurtemberg	75.00	13.00	12.00	74.50	14.80	10.70

En France, les principales poudreries sont à Angoulême, au Bouchet, à Esquerdes, à Saint-Chamas (procédé des pilons); en Angleterre, à Waltham Abbey (procédé des meules); en Belgique, à Wetteren et à Clermont (procédé des meules); en Prusse, à Spandau (procédé des meules).

Nous devrons nous arrêter un peu plus longuement sur les procédés à l'aide desquels on fabrique les balles. Deux systèmes très-différents sont en présence. Le premier, par ordre d'ancienneté, consiste à couler les balles. Il présente, comme inconvénients, une grande perte de temps d'abord, puis une production défectueuse par le manque d'homogénéité du projectile obtenu : il est impossible de parer à ce dernier inconvénient, résultant du retrait inégal du plomb dans le moule, lors du refroidissement. Cet inconvénient devient très-grave lorsqu'il s'agit de balles expansives; la présence de soufflures intérieures, inévitables, et le manque de soins apporté le plus généralement dans la fabrication peuvent produire, ainsi que nous l'avons déjà vu, des déchirements qui compromettent gravement le tir.

Dans le but d'obvier à ces accidents, ainsi que d'ajouter aux chances favorables du tir, par suite

de l'homogénéité complète du projectile, le deuxième système ne procède que par l'emploi de machines spéciales comprimant à froid le plomb et lui donnant ainsi la forme désirée. Sauf en France, où il a jusqu'à ce jour rencontré une opposition systématique, ce dernier moyen tend à se généraliser dans les autres armées européennes.

La première machine à balles dont nous ayons connaissance fut expérimentée à Woolwich, en 1838; elle avait été imaginée par un mécanicien anglais, nommé George Napier. Elle fut adoptée en Angleterre et en Hanovre, vers 1839-1840. Ces premiers appareils n'offraient pas toute la précision et toute la rapidité désirables. Successivement perfectionnés aux États-Unis, puis en Prusse, on les débarrassa d'accessoires superflus et on exerça directement la compression à l'aide d'un excentrique communiquant par l'intermédiaire d'une bielle le mouvement au piston; tous les ressorts étaient supprimés. La Saxe, la Hollande adoptèrent des machines analogues. Plus récemment, l'Autriche en fit autant, mais sous une forme un peu différente : n'employant que des projectiles pleins, il lui est permis de procéder par simple étampage, à l'aide de deux demi-matrices qui en

se rapprochant donnent au lingot de plomb la forme demandée; il reste une bavure qu'un deuxième appareil enlève ensuite. Enfin, en 1854, les anciennes machines de Woolwich ont été supprimées pour faire place à celles de l'ingénieur Anderson, qui fonctionnent actuellement avec la régularité et la promptitude désirables. L'Espagne, la Russie, la Suède, sont, paraîtrait-il, également converties, du moins en principe, au nouveau système.

On fait à ce dernier deux reproches principaux : l'absence de mobilité du matériel employé, et aussi la diminution de malléabilité de ses produits, d'où résulterait pour la balle un forcement moins régulier. Mais rien n'empêche de faire des machines de très-peu de poids et d'une grande mobilité, et, en second lieu, le plomb ne peut devenir sec et cassant que par l'emploi d'une machine vicieuse (1).

(1) Je n'insisterai pas davantage sur cette question, y étant personnellement un peu intéressé.

Appartenant alors à l'armée, j'avais présenté, en 1855, au gouvernement français, conjointement avec M. Mancel, également officier de chasseurs à pied, une machine à fabriquer par compression des balles de toutes formes. N'ayant

Pour terminer, laissons un instant la parole au capitaine, actuellement major d'artillerie belge, Neuens (*Revue militaire belge*, année 1843, page 419) :

« Le seul avantage des moules, celui de faciliter » la fabrication des balles en tous lieux et en tout » temps, n'en est pas un quand on l'examine de » près, et pourrait même passer du côté négatif. » En effet, cette grande facilité de la fabrication » est précisément la cause des imperfections énu- » mérées ci-dessus. Elle devient du reste inutile, » si l'on considère qu'il y a désavantage à conser- » ver dans les magasins le plomb en saumons. Si » l'on s'approvisionne en plomb, ce qui ne pré- » sente d'autres inconvénients que ceux d'un » capital dormant, il vaut beaucoup mieux le » conserver tout fabriqué en balles, l'oxydation » de ces dernières n'étant pas assez sensible pour » fonder une objection sérieuse. En gardant le » plomb en saumons, on se réserve du travail

pas eu l'honneur d'être appelé à suivre les expériences ou à en recevoir communication, j'ignore quels furent les résultats obtenus : toutefois, les dires de deux ou trois témoins occulaires et dignes de foi me laissent espérer qu'ils étaient satisfaisants.

» superflu pour les moments où l'artillerie se
» trouve déjà surchargée d'une multitude d'opé-
» rations diverses urgentes ; il en résulte quelque-
» fois que les hommes travaillent la nuit, sont
» fatigués, et par conséquent hors d'état de consa-
» crer au coulage les soins ordinaires indispensa-
» bles pour produire même des balles dont les
» imperfections ne sortent pas des limites si
» larges dont nous avons fait ressortir les incon-
» vénients. »

Des capsules nous dirons fort peu de chose, leur composition et leur fabrication étant connues de tous; nous remarquerons seulement que, depuis un petit nombre d'années, les machines à l'aide desquelles on les obtient ont été notablement perfectionnées. Les appareils qui fonctionnent à Paris, en Angleterre, en Belgique, en Prusse, découpent et emboutissent les capsules sans nécessiter l'intervention de l'homme autrement que comme surveillance et alimentation du travail.

Des balles explosives et incendiaires.

Il nous reste, pour terminer ce qui concerne les munitions, à dire quelques mots des balles explo-

sives et incendiaires, si peu employées malgré les services très-grands qu'elles pourraient rendre dans maintes circonstances.

Il est à présumer que l'invention des amorces fulminantes a dû suggérer aussitôt l'idée d'utiliser ces dernières de façon à produire l'explosion des projectiles des armes portatives par leur percussion contre le but. Il en résulte qu'il est assez difficile de constater à qui revient la priorité des tentatives de ce genre. Toujours est-il qu'en Angleterre le capitaine Norton, et en France Delvigne, sont les premiers dont les essais aient eu du retentissement. Tous deux réussirent constamment à faire sauter les caissons qui leur étaient présentés. Peut-être faut-il chercher tout simplement dans ce succès le peu de développement donné à cette question.

Le procédé de M. Delvigne consistait à employer une balle cylindro-conique (fig. 257, Pl. XXVIII) contenant de la poudre; une cheminée vissée sur l'orifice recevait une capsule ordinaire qui déterminait l'explosion au moment où la balle atteignait le but.

L'inventeur arrivait au même résultat en plaçant dans l'axe de la balle une pointe sur laquelle ve-

naît affleurer la capsule (fig. 259, Pl. XXVIII); dans ce cas, cette dernière était maintenue par le rabattement des bords supérieurs de l'orifice. L'emploi d'une cheminée offrait le grand avantage de permettre sans danger le transport de ces projectiles, puisqu'il ne devenait nécessaire de placer la capsule qu'au moment de faire feu. C'est ce système appliqué aux balles à cannelures (fig. 258, Pl. XXVIII) qui était ordinairement employé par le commandant Minié, lorsqu'à de rares intervalles on tirait à Vincennes quelques balles explosives.

Nous avons vu que M. Delvigne avait été envoyé en 1830, au siége d'Alger, pour expérimenter l'effet que produiraient ces balles-obus ; cette détermination était la conséquence de plusieurs essais couronnés d'un plein succès : l'un dans lequel, à Montmartre, M. Delvigne aurait fait sauter plusieurs caisses garnies d'artifices; l'autre dans lequel, à Vincennes, sur 70 balles tirées à 200 et 400 mètres, 67 avaient éclaté en faisant sauter les boîtes chargées d'artifices qu'elles frappaient. On avait obtenu le même résultat sur un avant-train de caisson. Malheureusement l'artillerie exigea que les balles-obus confectionnées pour l'expédition d'Alger fussent maintenues au même poids que la

balle sphérique, c'est-à-dire à celui de 62 grammes (pour le fusil de rempart), en opposition à ce que demandait M. Delvigne, qui voulait 90 grammes : c'était détruire ce qui constituait l'avantage du projectile allongé et nuire à la portée de l'arme. Néanmoins, ces nouveaux projectiles donnèrent tous les résultats que l'on pouvait en attendre dans les mauvaises conditions imposées et dans les opérations d'un siége ; cela n'empêcha pas l'artillerie de les rejeter.

Les balles explosives ont été proposées en Angleterre sans plus de succès. Depuis quelques années, le colonel Jacob, de l'artillerie de la Compagnie des Indes, a fait à Kurrachee et à Jacobabad de très-nombreuses expériences sur une balle-obus qui appartient à un modèle d'armes qu'il propose, et avec lequel il obtient une justesse et une portée considérables. Ces balles ont la même forme que celles qu'il emploie dans son tir ordinaire (fig. 260, Pl. XXVIII) ; elles renferment seulement un tube en cuivre, contenant soit du fulminate, soit de la poudre ordinaire, et portant à sa partie antérieure une amorce qui détonne par le choc.

Nous avons assisté, le 24 février 1857, à une expérience faite à la manufacture royale d'Enfield

avec ces projectiles. A la distance très-rapprochée à laquelle on tirait (100 yards), les trois premières balles traversèrent la boîte contenant de la poudre sans faire explosion; elles éclatèrent à quelques pas plus loin en frappant une cible en fonte qui se trouvait en arrière. Pour suppléer au peu de résistance qu'offrait la caisse, on la couvrit d'une plaque en tôle; au premier coup, la caisse sauta; cinq autres coups tirés consécutivement donnèrent le même résultat, et il fut jugé superflu de poursuivre.

Le colonel Jacob a obtenu de bons résultats jusqu'aux portées de 2,000 et 2,400 yards (1,800 à 2,200 mètres); à cette distance, ses balles éclatent en faisant voler des éclats des murs de briques contre lesquels on tire à Jacobabad.

Jusqu'à présent, nous l'avons dit, ces résultats ne sont guère mieux appréciés en Angleterre qu'en France. Du moment, dit-on, où ces projectiles seraient en service, rien ne serait plus simple que de renforcer les caissons de manière à les mettre à l'épreuve de la balle: rien n'est plus simple, en effet, si l'on consent soit à augmenter le poids du matériel, soit à diminuer le nombre des cartouches dans les caissons; ce nombre est déjà assez

restreint, pourtant, par l'emploi de projectiles plus lourds que ceux qui étaient en usage avant l'adoption des nouvelles armes rayées, du moins dans quelques puissances.

On a adopté à Baden et dans le Wurtemberg de petites fusées pour le tir des armes portatives. Elles sont renfermées (Voir fig. 261, Pl. XXVIII) dans un tube en cuivre destiné à augmenter son poids, et par suite sa portée. Elles sont dues au commissaire des guerres danois Fosz, et donnent d'assez bons résultats.

CHAPITRE IX.

Sommaire. — Revue des différents systèmes de forcement en usage actuellement dans les armées européennes ; les avantages et les inconvénients qu'ils présentent. — Système Delvigne. — Système Berner. — Système Delvigne-Thouvenin. — Système Delvigne-Greener-Minié. — Systèmes Wild et Wild-Wurstemberger. — Système Wilkinson-Lorenz. — Systèmes de Scheel et Feilitzen. — Système Dreyse.

Après avoir décrit sommairement les armes en service dans les diverses puissances européennes, il est nécessaire, afin de pouvoir apprécier leur valeur relative, de jeter sur elles un coup d'œil rétrospectif en les classant par groupes d'après leur mode de forcement. Cette appréciation ne peut être que très-superficielle, et nous nous garderons bien de rien avancer dans une question aussi

épineuse; nous nous bornerons à faire suivre la liste des armes de chaque groupe, de l'énoncé des principaux avantages et inconvénients considérés généralement comme inhérents au système. Chaque puissance est fermement convaincue que son armement est supérieur à tous les autres; c'est tout ce que nous nous permettrons d'affirmer.

Nous examinerons donc :

1° Le *système Delvigne* proprement dit, c'est-à-dire le forcement par aplatissement de la balle sur le ressaut de la chambre sous le choc de la baguette ;

2° Le *système Berner :* forcement ou plutôt rotation imprimée à l'aide d'une ceinture ou d'ailettes pratiquées sur la balle, destinées à s'engager dans les rayures ;

3° Le *système Delvigne-Thouvenin :* forcement par dilatation de la balle sur une tige, sous le choc de la baguette ;

4° Le *système Delvigne-Greener-Minié :* forcement produit par la dilation de la balle sous l'influence de l'action des gaz agissant dans une cavité pratiquée à la partie postérieure du projectile; cette action peut être régularisée par l'emploi d'un

appendice en métal ou en bois, placé dans cette cavité ;

5° *Systèmes Wild et Wild-Wurstemberger :* espace vide ménagé entre la poudre et la balle ; conservation de la forme de cette dernière, après comme avant le tir ;

6° *Système Wilkinson-Lorenz :* forcement par refoulement de la balle sur elle-même sous l'action des gaz ;

7° *Système de Scheele et Feilitzen, à tonnerre mobile :* d'un calibre plus grand que celui de la partie rayée et fixe du canon ;

8° *Système Dreyse*, ou à aiguille : inflammation à la partie antérieure de la charge de poudre ; espace vide derrière la cartouche ; chargement par la culasse.

1° *Système Delvigne, ou à chambre.*

Les armes de ce groupe sont : les carabines et fusils de rempart français, modèles 1840 et 1842, l'ancienne carabine autrichienne de chasseurs, l'ancienne carabine belge des partisans, et la carabine sarde des bersaglieri.

Nous nous sommes déjà suffisamment étendus

sur ce mode de forcement qui a amené la révolution complète opérée aujourd'hui dans l'armement de l'infanterie. Nous rappellerons seulement que la balle, entrée librement dans le canon, venait reposer sur le ressaut d'une chambre; deux coups de baguette la dilataient et lui faisaient prendre l'empreinte des rayures. Un espace vide ménagé entre la balle et la poudre favorise l'entière combustion de cette dernière.

Les avantages acquis par ce mode de chargement sont :

a. Un chargement aussi facile qu'avec l'ancien fusil lisse, renversant ainsi un des plus grands obstacles qui s'opposaient à l'extension des armes rayées.

b. Augmentation de justesse, permettant d'obte- à 600 mètres un pour cent double de celui que donnait le fusil lisse à 300.

Les principaux inconvénients sont :

α. La difficulté d'obvier à un encrassement rapide.

β. La complication de la cartouche, avec la modification Pontcharra, et la rupture fréquente du sabot.

2° Système Berner, ou à canon elliptique.

Les armes de ce système, ou s'y rattachant, sont :

L'ancienne carabine anglaise, à balle à ceinture ; le fusil rayé brunswickois ; l'ancien fusil rayé oldenbourgeois ; la carabine russe, à balle à ailettes.

Le système Berner pur consiste, nous l'avons vu, à pratiquer dans l'arme deux rayures qui tendent, du tonnerre à la bouche, à se fondre avec les parois de l'âme, de façon à ce que la section de l'arme près de la bouche soit une ellipse dont les axes sont plus petits que ceux de la section au tonnerre. Comme projectiles : une balle à section elliptique, ou une balle sphérique, dite balle roulante. Différentes modifications amenèrent l'emploi de deux rayures d'une largeur, d'une profondeur et d'une inclinaison uniformes du tonnerre à la bouche, avec une balle à ceinture ou une à ailettes.

Les avantages les plus marqués étaient :

a. Un chargement plus rapide que celui au maillet, permettant ainsi de généraliser davantage l'emploi des armes rayées.

b. Une justesse très-supérieure à celle des armes lisses jusqu'aux distances de 400 à 500 mètres.

Les inconvénients sont :

α. Une difficulté assez grande à placer convenablement la balle dans un chargement précipité.

β. Un encrassement assez rapide.

γ. Complication dans l'emploi de différentes espèces de cartouches pour la même arme.

3° *Système Delvigne-Thouvenin, ou à tige.*

Les armes de ce groupe sont :

La carabine française de chasseurs ; la carabine bavaroise de chasseurs ; la carabine belge des chasseurs-carabiniers ; la carabine hanovrienne de chasseurs ; le fusil rayé hanovrien ; la carabine hollandaise de chasseurs ; le fusil rayé mecklembourgeois ; le fusil rayé de Nassau ; le fusil rayé oldenbourgeois ; la carabine prussienne de chasseurs ; la carabine russe de chasseurs ; le fusil rayé sarde ; le fusil rayé saxon.

Dans le système Delvigne-Thouvenin, la dilatation de la balle est obtenue par l'aplatissement sur la tige au lieu de le produire sur le ressaut de la

chambre. On conserve également un vide entre la poudre et la balle.

Les principaux avantages de ce système sont :

a. Une grande portée.

b. Une grande justesse.

c. Une force de pénétration considérable.

d. Impossibilité du déplacement accidentel de la charge dans la marche, les sauts, les chutes.

e. Protection assurée à la charge contre l'humidité ou la pluie.

Les inconvénients sont :

α. Difficulté d'un forcement régulier, surtout pour les armes dont le canon offre une certaine longueur.

β. Difficulté du bon entretien de l'arme, autour de la tige.

γ. Complication et poids des accessoires.

4o *Système Delvigne-Greener-Minié, ou à balle expansive.*

Les armes de ce groupe sont :

Le fusil rayé, modèle 1854, de la garde impériale française ; le fusil rayé anglais, modèle 1853 ; le fusil rayé badois ; le fusil rayé belge ; le fusil

rayé espagnol ; le fusil rayé de Hesse-Darmstadt ; le fusil rayé de la Hesse-Électorale ; le fusil rayé de Nassau ; le fusil rayé prussien.

Le chargement a lieu en appuyant simplement la balle sur la poudre ; le forcement se produit par l'expansion de la balle sous l'action des gaz, soit que ces derniers agissent directement sur la cavité ménagée dans le projectile, soit qu'ils opèrent par l'intermédiaire d'un culot ou tampon qu'ils chassent alors dans cette cavité en en faisant dilater les parois.

Les principaux avantages sont :

a. Une portée et une pénétration fort peu inférieures à celles des armes à tige.

b. Une grande justesse.

c. Un chargement très-facile.

d. Une grande régularité dans le forcement.

Les inconvénients sont :

α. Les déchirements susceptibles de laisser des débris dans le canon et de mettre l'arme momentanément hors de service, du moins en employant des balles coulées.

β. La complication de la cartouche si la balle comporte un culot ou un tampon.

γ. Les déformations de la balle dans le transport si elle ne contient ni culot ni tampon.

δ. La détérioration rapide de la charge si l'arme reste exposée à la pluie et qu'il s'en introduise dans le canon.

ε. Possibilité du déplacement de la cartouche dans l'arme, si le papier graissé qui enveloppe la base de la balle a été trop entamé en le déchirant dans le chargement.

5° *Systèmes Wild et Wild-Wurstemberger.*

Les armes de ce groupe sont :

Du système Wild proprement dit :

L'ancienne carabine badoise de chasseurs; la carabine wurtembergeoise de chasseurs.

Celles du système Wild-Wurstemberger sont :

La carabine fédérale suisse; le fusil de chasseurs suisse.

Le forcement ici a lieu sur l'enveloppe du projectile, sur son calepin : Wild ne voulait point de déformation à son projectile et lui conservait la forme sphérique pure; on s'en est écarté un peu dans le Wurtemberg.

En Suisse, on a abandonné cette forme en adop-

tant la balle Wurstemberger très-allongée. On a maintenu le vide entre la poudre et la balle, mais on a renoncé à introduire, en chargeant, de l'eau dans le canon. On a, de plus, imité le système américain en réduisant considérablement le calibre.

Les avantages du dernier système sont :

a. Une très-grande justesse.

b. Une trajectoire très-tendue : la carabine fédérale a un tir plus rasant que toutes les autres armes européennes ; la carabine bavaroise marche en deuxième ligne (Voir fig. 262, Pl. XXIV). Avec la carabine suisse, à 800 pas (600 mètres) l'espace dangereux (1) est de 120 pas (90 mètres) ; à 1,000 pas (750 mètres), de 90 pas (67 mètres) ; à 1,200 pas (900 mètres), de 70 pas (52 mètres) ; à 1,600 pas (1,200 mètres), de 35 pas (26 mètres).

c. Une force de pénétration considérable.

d. Allégement des munitions, ce qui permet d'en augmenter le nombre à donner aux hommes ; la carabine suisse et ses 60 cartouches pèsent ensem-

(1) Ce que nous entendons par *espace dangereux*, c'est c'est celui dans lequel la trajectoire se maintient au-dessus du sol, de 0 m. à 2 m. 50, c'est-à-dire pendant lequel la balle est susceptible de frapper un cavalier ou un fantassin.

ble 6,10 kil.; la carabine française pèse, avec ses 60 cartouches, 8,40 kil.

e. Recul faible.

Exprimé en kilog.:

Avec la carabine fédérale suisse, le recul est de 15,25 à 15,75; avec le fusil de chasseurs suisse, de 16; avec le fusil rayé anglais, de 18; avec la carabine à tige française, de 20 à 21.

Les inconvénients sont :

α. Un peu de lenteur dans le chargement au calepin.

β. Peu de solidité dans la cartouche du fusil de chasseurs.

6o *Système Wilkinson-Lorenz.*

Les armes de ce groupe sont :

La nouvelle carabine autrichienne; le fusil rayé autrichien; le fusil rayé de Dessau.

Dans ce système, le forcement a lieu par le refoulement sur lui-même du projectile, refoulement dû à la forme particulière de ses profondes cannelures.

Les avantages de ce système sont :

a. Une grande justesse de tir.

b. Une grande portée.

c. Une force de pénétration considérable.

d. Une trajectoire très-tendue.

e. Allégement du poids des munitions, par suite de la petitesse du calibre.

f. Un chargement simple et rapide.

Les inconvénients sont :

α. La possibilité dans le transport d'une légère flexion dans le projectile, dont le diamètre à la base des cannelures est peu considérable, flexion qui peut donner de l'irrégularité dans le forcement.

β. L'inconvénient inhérent à tous les systèmes dont le forcement a lieu sous l'action des gaz, c'est-à-dire de ne pas assez protéger la charge de poudre contre l'humidité ou l'introduction d'eau de pluie dans le canon.

7° *Systèmes de Scheele et Feilitzen, à chargement par la culasse.*

Les armes de ce groupe, dans lequel nous ne considérons que les systèmes de Scheele et de Fei-

litzen, les seuls en usage dans l'infanterie (de la marine), sont :

Le fusil rayé norwégien, à tonnerre mobile ; le fusil rayé suédois, à tonnerre mobile.

Dans ces deux armes, lorsque l'explosion a lieu, le projectile placé dans le tonnerre est forcé à son passage dans l'âme, dont le calibre est plus petit.

Les avantages de ce système sont :

a. Un chargement facile dans toutes les positions.

b. Une grande rapidité dans le chargement.

c. Une justesse considérable, du moins avec le fusil Feilitzen.

d. Une grande facilité à nettoyer l'arme.

Les inconvénients sont :

α. Un crachement parfois assez désagréable.

β. La possibilité, au moment où l'on arme, que la capsule se détache et ne tombe, par suite de la position renversée de la cheminée.

γ. Possibilité du gaspillage des munitions, par suite de la rapidité même du chargement.

8° *Système Dreyse, ou à aiguille.*

Les armes de ce groupe sont :

Le fusil à aiguille de l'infanterie prussienne; la carabine à aiguille des chasseurs et des tirailleurs de la garde royale prussienne.

Le chargement a lieu par la culasse, et le forcement se produit par le passage de la balle d'un calibre plus grand à un plus petit, lorsqu'elle est chassée hors du tonnerre mobile pour pénétrer dans la partie rayée du canon.

Les avantages du système, sont :

a. Rapidité de tir.

b. Commodité du chargement dans toutes les positions.

c. Justesse aux petites distances.

Les inconvénients sont :

α. Difficulté dans l'ajustage et l'entretien des différentes pièces.

β. Détraquement rapide du ressort à boudin ou de l'aiguille : celui-ci peut se fausser, se briser ou se corroder à son extrémité; de là, autant de ratés.

γ. Un raté d'amorce oblige à décharger, jeter la cartouche, et à en introduire une autre.

δ. Danger du transport de munitions où l'amorce est réunie à la cartouche.

ε. Mise hors de service de l'arme, si les cartouches spéciales viennent à manquer.

CHAPITRE X.

Sommaire : — Coup d'œil sur les manufactures d'armes à feu portatives. — Des écoles de tir. — De la nécessité de retirer à l'artillerie la direction de l'armement de l'infanterie.

Décrire les procédés employés dans les différentes manufactures d'armes nous mènerait beaucoup trop loin et exigerait des développements impossibles dans un aperçu aussi sommaire. Nous dirons seulement quelques mots de la tendance qui se manifeste depuis quelques années à introduire, sur une échelle beaucoup plus considérable, les procédés mécaniques de fabrication.

Déjà, à plusieurs reprises, des tentatives assez marquées avaient été faites en ce sens en Europe, mais sans un succès bien constaté. En 1811, deux industriels anglais, MM. James et Jones, présentèrent à leur gouvernement une série de machines

destinées à la fabrication des armes; leurs propositions furent repoussées. Ils s'adressèrent alors avec plus de succès à la Russie, qui adopta aussitôt leurs vues et installa leurs appareils à la manufacture impériale de Toula, où ils fonctionnent encore en partie. C'est, nous le croyons, la seule puissance européenne qui, pendant de longues années, ait concédé une aussi large part à l'élément mécanique de fabrication. C'est ensuite aux États-Unis qu'il faut aller chercher le progrès en ce genre.

Nous dirons toutefois que les tours à fabriquer les bois de fusil ont été déjà proposés en Angleterre, en 1822, par un nommé Buckle, et que, plus tard, il y eut également en France des expériences sur un système du même genre présenté par Grimpé. Depuis plusieurs années aussi, MM. Falisse et Frapmann, fabricants d'armes, à Liége, se servent, pour établir leurs montures, d'une machine dont ils sont très-satisfaits.

Mais c'est en Amérique que les moyens à employer pour substituer le travail de la machine à celui de l'homme ont été le plus en faveur. Depuis quelques années, dans les manufactures nationales de l'Union, ils sont seuls en vigueur.

Il peut être intéressant d'examiner le tableau

suivant, donnant le détail des pièces fabriquées mécaniquement et leur prix de revient.

Tableau indiquant les parties du fusil fédéral des États-Unis, qui sont faites à la machine, à la manufacture nationale d'armes de Springfield, avec indication de leur prix de revient.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	NOMBRE par fusil.	PRIX.		
		dolls. cts.		fr. c.
Le canon	1	*2 86.5	=	15 30
La culasse (et sa vis)	1	» 11.8	=	» 63
La cheminée	1	» 04.6	=	» 25
La baïonnette (virole et vis comprises)	1	1 06.8	=	5 70
Le corps de platine	1	» 30	=	1 60
Le chien	1	» 30	=	1 60
La noix	1	» 21	=	1 12
La bride	1	» 12.5	=	» 67
La gâchette	1	» 14	=	» 75
Le ressort de gâchette	1	» 08.5	=	» 45
Le grand ressort	1	» 24	=	1 28
Les différentes vis de la platine	7	» 14.6	=	» 78
L'embouchoir (guidon compris)	1	» 22.5	=	1 20
La grenadière	1	» 14	=	» 75
La capucine	1	» 09	=	» 48
Les ressorts de garnitures	3	» 19.8	=	1 06
La rosette	1	» 05.3	=	» 28
La sous-garde (pontet, vis et goupille comprises)	1	» 58.5	=	3 12
La détente (avec sa vis)	1	» 10.3	=	» 54
La plaque de couche (avec ses deux vis)	1	» 25.6	=	1 37
La baguette (ressorts et goupilles comprises)	1	» 39.6	=	2 11
Le bois	1	» 87.4	=	4 68
	Total.	8 56.3	=	45 72

* Le dollar, monnaie d'or, vaut 5 fr. 18 c.; le dollar, argent, valant cent cents, dont il est question ici, a pour valeur 5 fr. 34 c.

En ajoutant 69 centimes, prix de l'ajustage, du montage et de la visite de l'arme, on a, pour le fusil d'infanterie, un chiffre total de 46 fr. 41 c.

Pour la carabine des États-Unis, qui se fabrique à l'arsenal de Harper's Ferry, le prix de l'arme finie de machine est de 54 fr. 43 c., et le prix total de revient, de 58 fr. 86 c.

On voit que fort peu de chose est laissé à l'homme dans l'établissement de ces armes. C'est en effet préférable, en ce que les résultats obtenus à l'aide des machines sont plus réguliers et plus uniformes; aussi serait-il à désirer que l'on pût en généraliser l'usage. Vient alors la question de prix : celui de la carabine américaine n'est pas exagéré; la carabine à tige française coûte 55 fr. 76 c.; la carabine belge, environ autant. Mais pour le fusil, la différence est considérable, le prix des fusils rayés français et belges variant de 37 à 39 fr. Cela tient principalement au prix de la main-d'œuvre, peu élevé en France et en Belgique, devenant parfois exhorbitant en Amérique et en Angleterre. Ainsi, le prix du fusil rayé anglais, obtenu par contrat avec des fabricants d'armes, est de 3 l. 9 s., soit de 86 fr. 80 c. (1).

(1) Il faut ajouter qu'en Angleterre on exige pour l'arme

Pour l'Angleterre, il y a donc avantage énorme à employer autant que possible des machines; c'est ce qui a été fait. Les prix très-élevés que l'on était obligé de donner, joints à la difficulté d'obtenir des armes, même à un taux souvent ridicule, ont obligé le gouvernement britannique à renoncer à ce système de fournitures et à créer une manufacture royale où tout ce qu'il serait possible de faire mécaniquement le serait. Une autre cause rendait cette mesure nécessaire : la grande inexactitude dans les livraisons faites par les fabricants. Pour n'en donner qu'un exemple, la commande de 23,000 fusils rayés faite en 1851 devait être exécutée pour le mois de février 1852, et les livraisons ne furent complétées qu'en novembre 1853. Les fabricants alléguaient pour excuses, des grèves d'ouvriers, etc., etc.; mais il n'en était pas moins vrai que le gouvernement attendait et que les conséquences d'un pareil état de choses pouvaient devenir fort graves.

un fini beaucoup plus grand que partout ailleurs; les contrôleurs poussent souvent trop loin leurs exigences. Il est probable qu'une platine telle que celles qui sont adaptées aux armes françaises ou belges, serait impitoyablement rejetée par eux.

Pour y remédier, le gouvernement institua, le 1er mars 1854, une commission mixte chargée de rechercher le moyen le plus efficace de se procurer des armes portatives; ce comité avait pouvoir de requérir les témoignages, papiers ou rapports qu'elle jugerait devoir l'éclairer. Après plus de deux mois de travaux, pendant lesquels 41 témoins, officiers, fabricants d'armes, ingénieurs, etc., furent entendus, la commission se prononça en faveur d'une manufacture royale, dans laquelle on aurait recours autant que possible à l'action des machines. On choisit pour le local du nouvel établissement l'ancienne fabrique d'Enfield, seulement en réduisant de moitié le plan présenté par l'ingénieur Anderson, et d'après lequel on aurait pu établir 500 fusils par jour.

Malgré cette réduction, l'établissement actuel peut être à bon droit considéré comme un établissement modèle. Presque toutes les machines ont été empruntées aux modèles américains, mais considérablement perfectionnées. Le prix que l'on devait atteindre, mais non dépasser, était de 1 l. 10 s., soit 38 fr., pour le fusil rayé; mais nous ne saurions dire si ce devis n'a pas été dépassé.

Après Enfield, nous croyons que les manufac-

ures d'armes où l'on emploie le plus le travail des machines, sont dans les établissements de Vienne pour l'Autriche, et de Spandau pour la Prusse.

En Belgique, le général Timmerhaus a notablement augmenté la fabrication mécanique dans la manufacture royale de Liége, qu'il commande, mais toutefois dans une proportion bien faible en comparaison des établissements dont nous venons de dire un mot. Le bon marché de la main-d'œuvre rendrait du reste illusoire les avantages qu'on retirerait dans ce pays d'une trop grande extension des procédés mécaniques.

En France, dans les manufactures de l'État, Chatellerault, Mutzig, Tulle et Saint-Étienne; en Espagne, à la manufacture royale de Truvia; en Suède, dans les fabriques d'armes portatives de Carl-Gustafs-Stad et de Husqvarna, l'emploi de machines est très-restreint.

Nous ajouterons que la partie essentielle de la fabrication, celle des canons, a lieu d'après trois méthodes principales : la méthode forézienne, employée à Saint-Étienne et qui consiste à rapprocher les deux bords de la lame à canon et à effectuer ensuite la soudure; la méthode liégeoise, dans laquelle on fait recouvrir l'un par l'autre les

deux grands côtés de la lame; et enfin la méthode purement mécanique employée à Enfield, où seize passages successifs au laminoir terminent le canon de forge. Tous les fers ne se prêtent pas, du reste, également bien à ce dernier procédé.

Des Écoles de tir.

Une arme de précision, quelle que soit sa justesse et sa portée, a peu de valeur entre les mains de l'homme qui ne sait utiliser les avantages qu'elle présente: de là, la nécessité d'une instruction plus étendue chez le soldat porteur d'une arme rayée; de là, la nécessité d'établissements spéciaux que l'on désigne le plus généralement sous le nom d'écoles de tir. Ces écoles ont pour but principal de former des instructeurs capables de bien enseigner dans les corps tout le parti que l'on peut tirer des nouvelles armes.

Le plus ancien et le plus célèbre de ces établissements est l'École normale de tir de Vincennes. Cette école, créée dès l'origine de la formation des bataillons de chasseurs, était destinée à former des nstructeurs pour la nouvelle arme. Bientôt on y en-

voya des officiers et des détachements de tous les corps d'infanterie, en lui ajoutant comme succursales les établissements secondaires de Grenoble, Saint-Omer et Toulouse. Les détachements se composaient alors d'un officier et d'un certain nombre de sous-officiers et soldats. Cette mesure était excellente, en ce que tout le zèle que mettra l'officier dans son instruction ne pourra suppléer au contact plus intime et plus constant du sous-officier avec les hommes : c'est de ce dernier dont l'exemple et les instructions de tout instant seront les plus efficaces ; il est donc indispensable qu'il reçoive directement, dans une école, une éducation toute spéciale. Malheureusement, et dans un but qu'il ne nous appartient pas d'apprécier, les trois écoles supplémentaires ont été supprimées de fait, et Vincennes ne reçoit plus que des officiers.

Le programme du cours est assez étendu ; il comprend : l'examen des conditions générales que le fusil d'infanterie doit remplir sous le rapport du service et du tir ; l'application de l'étude précédente aux fusils d'infanterie, modèles 1822 et 1842 ; l'historique des armes à feu portatives à canons lisses ; la distinction des principaux modèles des fusils d'infanterie à silex et des armes à

l'enseignement, très-bon s'il pouvait être approfondi, ne peut l'être que d'une manière très-superficielle. De plus, l'absence de capitaines de tir dans l'infanterie (il n'y en a que dans les bataillons de chasseurs) empêche les officiers élèves de trouver un débouché naturel et une porte ouverte à l'avancement par un travail sérieux. Il y a bien dans les régiments français un capitaine chargé du tir, mais il ne fait pas partie de l'état-major du corps et conserve le commandement de sa compagnie. Le bon vouloir du colonel l'investit de cette fonction, sans tenir parfois un bien grand compte des connaissances exigibles. Ce service tout spécial ne saurait admettre le cumul du commandement d'une compagnie. Il serait à désirer que cet emploi ne fût rempli que par des officiers sortis de l'école de tir; ils devraient alors être astreints à des rapports annuels sur les observations qu'ils ont eu lieu de faire dans les exercices pratiques de l'armée, et sur les améliorations qu'il leur semblerait possible d'introduire dans l'armement, les théories, etc. Ces officiers devraient être tout spécialement recommandés à l'avancement, ou relevés de leurs fonctions s'ils ne sont pas à la hauteur de ce que l'on serait en droit d'exiger d'eux. Qu'on leur

demande beaucoup, mais aussi qu'on leur accorde des avantages réels.

On a crié très-fort contre tous les comités possibles; tout ce qu'on peut leur reprocher l'a été tant de fois et si aigrement que nous ne voyons rien à ajouter. Nous dirons seulement que la garnison de Paris compte toujours au moins une vingtaine de régiments d'infanterie; quel meilleur comité pourrions-nous trouver pour l'examen des questions relatives aux armes portatives, qu'une commission permanente formée par la réunion de tous les capitaines de tir de ces régiments? On ne pourrait leur reprocher leur inamovibilité, leur âge, leur inertie, et, recrutés comme nous le demandons, contester leur intelligence et leur compétence. On nous objecterait peut-être le renouvellement fréquent de la garnison de Paris; c'est précisement ce que nous considérons comme un avantage. Ces renouvellements n'ont généralement lieu que tous les deux ans à peu près, et, n'étant jamais que partiels, ils auraient pour conséquence d'introduire de temps en temps des intelligences nouvelles qui pourraient découvrir un côté inaperçu de la question étudiée. En outre, le petit nombre des nouveaux venus ne saurait donner lieu de craindre

que leur influence, suffisamment contrebalancée par ceux qui resteraient, ne vînt détruire ce qui aurait déjà été fait.

La proximité de Vincennes leur offrirait un exellent terrain d'expériences. Leurs délibérations, adressées au ministre, devraient, à la fin de chaque année, être autographiées et envoyées dans les corps pour y être tenues à la disposition de chaque officier du régiment qui désirerait en obtenir communication.

Ce que nous demanderions instamment, ce serait que tout document de ce genre fût toujours et librement à la portée des officiers d'infanterie, au lieu de rester pour eux un mystère et d'être enterré dans les cartons de l'artillerie.

Comme complément à ce dont nous venons d'émettre le vœu, il y aurait indispensable nécessité de connaître exactement ce qui se passe à l'étranger : le moyen serait l'emploi de missions. Nous n'entendons pas par là ce qui se fait parfois, c'est-à-dire l'envoi à un camp de manœuvres, auprès de tel ou tel souverain, d'un groupe de brillants officiers qui représentent fort dignement l'armée française, cela est très-vrai, mais qui tout naturellement, ayant été désignés à un autre point de

vue, ne rapportent qu'un mince bagage d'observations sérieuses.

Le système de missions que nous voudrions voir établi serait différent : nous voudrions que, chaque année, une dizaine d'officiers de toute arme, et sans distinction de grades, fussent envoyés à l'étranger pour examiner l'état actuel de l'organisation et de l'armement, en ce qui les concerne spécialement. Ces officiers seraient choisis parmi ceux qui donneraient des gages suffisants comme intelligence, comme connaissance de la langue, etc., et qui, en outre, se montreraient désireux de remplir ce service, lequel pour être fructueux, nécessite un entrain et un zèle que l'on ne rencontrera que chez l'officier que ce genre d'études intéresse. D'autre part, il faudrait que ces missions fussent largement rétribuées, de manière à pouvoir tenir dignement leur rang. D'ailleurs il ne suffit pas de voir, il faut encore pouvoir vivre un peu avec les officiers que l'on visite. Tel déjeuner où la conversation sera un peu intime vous en apprendra parfois davantage que cinq visites consécutives dans le même arsenal, où, sous prétexte de vous faire voir plus en détail et de vous faire honneur, on vous escortera avec la plus

grande politesse en vous faisant sauter à pieds joints précisément par dessus le point qui vous intéresse le plus. Au retour, rapports circonstanciés, aussitôt autographiés, et deux ou trois exemplaires envoyés dans chaque corps afin de pouvoir faciliter les études des officiers du régiment et servir de bases à ceux qui, plus tard, auront les mêmes fonctions à remplir. Trois ou quatre cent mille francs dépensés annuellement pour le traitement de ces officiers, l'achat de quelques modèles à rapporter de l'étranger et la publication des travaux, serait une somme bien minime en raison des avantages nombreux qui en seraient retirés. Au reste, c'est ce que font, chaque année, mais d'une manière moins régulière, des nuées d'officiers allemands, anglais ou russes, que leurs gouvernements envoient en France.

Voilà une assez longue digression, revenons aux écoles de tir. Elles gagnent chaque année du terrain dans les armées étrangères. L'école anglaise de Hythe, fondée en 1853, est une des plus importantes. La durée du cours est de deux mois et demi, mais aussi plusieurs séries de détachements se succèdent annuellement à l'école. Ils se composent, en moyenne, d'une vingtaine d'officiers de différents régiments, accompagnés chacun d'un sous-

officier et de huit hommes de leur corps. L'état-major se compose actuellement d'un colonel, commandant ; d'un lieutenant-colonel, instructeur de tir, et de deux capitaines, sous-instructeurs (1). Les cours moins étendus qu'à Vincennes sont beaucoup plus sérieux au point de vue pratique. Les détachements sont casernés dans un fort beau quartier entouré d'un assez vaste terrain, où l'on a accumulé pour l'usage des hommes une quantité de jeux d'adresse propres à les assouplir et à les tenir continuellement en haleine. Une bibliothèque où se trouvent, outre les ouvrages purement spéciaux, des publications périodiques capables de les intéresser, leur sert de distraction intérieure et les retient au quartier. Le petit nombre d'officiers-élèves permet de s'occuper spécialement de chacun d'eux et rend difficile leur sortie avec une instruction incomplète. De même qu'à Vincennes, le personnel de l'école de Hythe forme une espèce de comité permanent pour l'examen des inventions qui peuvent être présentées relati-

(1) Le colonel Hay, commandant l'école; le lieutenant-colonel Wilford, instructeur en chef, et les capitaines Pitt et N., sous-instructeurs.

vement aux armes portatives, aux cartouches, projectiles ou autres accessoires en dépendant.

En Espagne, une école de tir a été créée en 1855 sous la direction du colonel d'infanterie Berrueso. Cet établissement a été installé au Pardo, près de Madrid. Son organisation offre aussi beaucoup d'analogie avec Vincennes.

Pour la Hollande, son école de tir est à La Haye et fonctionne, dit-on, parfaitement bien; nous manquons de renseignements à son égard. Il en est de même pour la Russie, qui, l'année dernière, s'occupait activement de créer à Saint-Pétersbourg une école semblable à celle de Vincennes.

Quant à la Suède, il est également question de créer d'une manière permanente un établissement de ce genre. Déjà en 1855 on avait installé au polygone de Ladugardsgårdet, près de Stockholm, une école provisoire sous le commandement du général d'artillerie baron de Wrède, ayant sous ses ordres un major et trois officiers instructeurs. La durée des cours fut de deux mois; on avait envoyé un officier par bataillon d'infanterie, et la marine en avait fourni huit. Le but était de former des instructeurs et de bons tireurs. D'après des renseignements dus à l'obligeance de M. Oscar

de Knorring, officier aux gardes-du-corps de S. M. Suédoise, la Diète serait saisie du projet de rendre cette école permanente en lui conservant le même état-major. Le programme comprendrait la connaissance des armes à feu et de leur développement dans les armées étrangères, la théorie du tir, la réception et la vérification des armes, la fabrication des cartouches, la pratique du tir avec les divers modèles d'armes à feu, l'appréciation des distances.

Dans toutes ces écoles, on apporte une grande attention à l'appréciation des distances. Cette étude, fort peu attrayante, est évidemment indispensable; car, sans une connaissance exacte de la distance à laquelle on se trouve du but, il y a impossibilité de régler convenablement le tir. Tous les différents instruments employés dans ce but, tels que stadias, télescopes-stadias, micromètre de Rochon, tachymètre Delhaye, etc., ne sont point d'un usage satisfaisant, soit que leur approximation soit très-inexacte, soit que l'emploi de l'instrument ne soit compliqué ou ne comporte une trop grande perte de temps. L'approximation telle qu'elle résulte d'un coup d'œil très-exercé est encore ce qu'il faut préférer. Malheureusement il est fort rare de rencon-

trer un homme doué de cette faculté de juger exactement la distance ; une grande habitude permet toutefois d'y arriver dans de certaines limites. Aussi doit-on porter tous ses efforts sur une bonne et solide instruction à cet égard. Particulièrement à Hythe, on apporte le plus grand soin à cet exercice (1). Cette école, d'ailleurs, présente plus que toute autre des conditions de développement et d'avenir, par l'absence complète de l'immixtion de l'artillerie dans son organisation, tout son état-major étant exclusivement tiré de l'infanterie. Nous allons expliquer plus longuement le sens que nous donnons à ces paroles.

(1) Ce qu'il y a d'assez curieux, c'est que la théorie pratique de l'appréciation des distances telle quelle se fait dans les bataillons de chasseurs français, théorie que les troupes anglaises ont copiée à peu près textuellement, se trouve déjà décrite et de la manière la plus complète dans un manuscrit datant des dernières années du siècle précédent. Ce travail très-soigné, et accompagné de nombreux dessins à l'aquarelle, renferme beaucoup de projets d'amélioration pour l'armement, l'équipement et les manœuvres de l'armée anglaise. Ce manuscrit nous fut très-gracieusement donné en communication par son possesseur, le capitaine George Pitt, du 89ᵉ régiment de S. M. Britannique, sous-instructeur de tir à l'école de Hythe.

De la nécessité de retirer à l'artillerie la direction de l'armement de l'infanterie.

Nous regardons comme un grand avantage pour une école de tir de se trouver complétement en dehors de l'influence de l'artillerie, qui *doit*, c'est-à-dire, dont le *devoir est* de se trouver en hostilité avec les progrès des armes portatives. Avant tout et malgré les fonctions complexes dont on la charge, l'artillerie ne peut consentir à se suicider elle-même; or, ferait-elle autre chose si elle favorisait l'influence croissante de l'arme portative aux dépens de la science propre? Quelque loyalement qu'elle agisse, l'artillerie se trouve donc fatalement amenée, nous le répétons, à se suicider ou à chercher à retarder l'essor donné aux nouvelles armes de justesse; il n'y a donc rien de surprenant à lui voir pencher en faveur de cette dernière ligne de conduite, et susciter, comme elle l'a fait pendant trente ans, toutes les entraves imaginables aux progrès que l'on cherchait à imprimer au feu de l'infanterie.

Que l'artillerie, grâce à son instruction spéciale, reste chargée de la *construction* des armes porta-

tives, cela se conçoit fort bien ; mais on comprend plus difficilement qu'elle seule soit appelée à décider du plus ou moins d'opportunité pour l'infanterie de s'armer de telle ou telle façon. Sur quelle base repose l'exercice de ce ministère ? Nous n'hésiterons pas à le dire, sur une routine de plusieurs siècles. Elle pouvait ne pas avoir d'inconvénient, alors que l'infanterie, armée comme on l'a dit tant de fois, d'une machine à semer des balles, ne pouvait porter aucun ombrage à l'artillerie. Son feu ne pouvait avoir d'action qu'à des distances très-rapprochées, et, avant qu'on les eût atteintes, l'artillerie avait déjà fait sentir cruellement ses puissants effets. Aujourd'hui c'est bien différent, et une escouade de chasseurs peut *incommoder* gravement une batterie ; l'artillerie se trouve gênée, souvent paralysée dans son action par une poignée d'hommes qui peuvent se rendre insaisissables et qui ne présenteront jamais au tir une cible aussi commode qu'une pièce de campagne entourée de ses servants. L'intérêt de suprématie d'armes, suprématie loyale, celle que l'officier d'artillerie doit forcément désirer et appeler de tous ses vœux, se trouve donc maintenant en jeu, tandis qu'il n'existait pas autrefois.

Nous disons donc que c'est par routine que l'on maintient l'ancien état de choses ; sur quel autre point se fonderait-on ? Est-ce sur la supériorité des connaissances acquises par les officiers d'artillerie ? Dans ce cas, cette supériorité doit exister soit comme savoir théorique, soit comme savoir pratique.

En fait de théorie, le fait est incontestable et la supériorité évidemment acquise à l'artillerie ; voyons donc à quoi sert la théorie en fait de balistique, et puisons alors à une source difficile à récuser sur ce chapitre, puisqu'elle émane de l'artillerie elle-même. Nous ne ferons que des citations :

« Ainsi la loi émise par les géomètres, et qui sert » de base à toutes les théories de balistique, est » loin de donner l'expression réelle de la résistance » de l'air. »

(Delorme du Quesnay, *Du tir des armes à feu*, page 16.)

« Quoi qu'il en soit, admettons pour vraie et » complète la théorie analytique du mouvement » des projectiles dans l'air, telle que nous l'avons » exposée. Nous voyons que l'impossibilité d'inté- » grer les équations différentielles auxquelles on

» est parvenu ne permet pas d'espérer que jamais
» on puisse en déduire des résultats rigoureux et
» utiles pour la pratique. »

(Même ouvrage, page 41.)

« Aussi la question de la vitesse initiale des pro-
» jectiles présente des difficultés peut-être insur-
» montables; et il est bien difficile d'en espérer
» une solution complète, déduite des principes de
» physique et de mécanique. »

(Poisson, *Rapport au comité*, 1830.)

« Il est inutile de faire observer que les formules
» de vitesses initiales données par les divers au-
» teurs, et calculées *à priori*, ne s'accor*dent pas*;
» et, ainsi que le remarque Lombard, il ne sau-
» rait y en avoir d'assez générales pour satisfaire à
» tous les cas. »

(Delorme du Quesnay, page 47.)

« C'est ainsi que Hutton a établi comme prin-
» cipe que les portées du même projectile, lancé
» sous le même angle, sont entre elles comme les
» racines carrées des vitesses; mais cette relation,
» qui a bien lieu pour quelques cas particuliers,

» est loin d'être générale : elle est continuellement » démentie par l'expérience. »

(Même ouvrage, page 48.)

« Sans doute les personnes qui pensent qu'un » bon pointeur, muni de bonnes tables de tir, ne » peut manquer d'atteindre le but, doivent juger » bien sévèrement toutes celles qui ont été mises » en usage jusqu'à ce jour, car elles sont loin de » procurer un pareil résultat... Les artilleurs sa- » vent même fort bien qu'il serait plus exact de » dire qu'on n'atteindrait presque jamais le but, si » l'on se conformait strictement aux données des » tables. »

(*Rapport du commandant Chiniac au comité d'artillerie*, Delorme du Quesnay, page 54.)

Inutile de prolonger davantage ces citations déjà bien longues, mais que nous aurions pu multiplier beaucoup plus. Disons seulement que la température des gaz est estimée, par Robins, à 800°; par Gay-Lussac, à 1,000° ; par d'autres savants, à 2,150° et 2,550° ; par le général Piobert, à 2,400°.

Quant à la tension des gaz de la poudre au moment de l'explosion, elle est évaluée, par le général Piobert, à 29,000 atmosphères; par Rumfort, à

100,000 atmosphères; par Robins, seulement à 1,000.

Si l'on songe que, dans les calculs à faire sur les armes rayées, il faut introduire comme éléments nouveaux et venant encore compliquer la question la rayure et la forme souvent très-complexe du projectile; que ces calculs devront se refaire pour chaque arme, pour chaque modification apportée au nombre, à la forme, aux dimensions, au pas des rayures, ou à la forme ou au poids du projectile; si l'on réfléchit à l'incertitude où l'on restait vis-à-vis du canon lisse et de la balle sphérique, que devient pour les armes portatives la théorie balistique?

Passons donc à la supériorité en fait de connaissances pratiques. Nous n'hésitons pas à croire que tout esprit impartial reconnaîtra qu'au moyen d'écoles de tir sérieusement organisées, qu'à l'aide d'une instruction dégagée des entraves que vient apporter une théorie illusoire et incomplète, on parviendra sans peine à former une classe d'officiers d'infanterie capables de trancher les questions relatives à son armement et de prendre d'une manière satisfaisante la direction de ce dernier, laissant ainsi l'artillerie concentrer son savoir et ses

lumières sur les améliorations à apporter à son propre matériel à elle.

Au reste un premier pas a été fait dans cette voie par l'émancipation de l'école de Hythe; notre vœu sincère est de voir cette bonne initiative suivie, et suivie plus complétement encore, par les gouvernements continentaux.

SUPPLÉMENT.

A. Angleterre. — *Tir exécuté à l'école de Hythe (juin 1855), dans le but de reconnaître l'effet que pourrait produire le feu d'un peloton de tirailleurs sur une colonne d'infanterie d'un bataillon.*

L'espace dangereux (pour l'infanterie) étant, avec le fusil rayé anglais, de 60 yards (55 mètres) à 600 yards (548 mètres), et de 40 yards (37 mètres) à 800 yards (731 mètres), il était intéressant de rechercher quel serait l'effet produit sur une troupe en colonne, dont la queue pouvait se trouver atteinte par les balles passant au-dessus des hommes de la tête. On peut remarquer, à ce propos, qu'une erreur en plus d'appréciation de distance, de 60 yards à 600, et de 40 à 800, n'empêche pas le coup

de toucher ; et il y a des probabilités pour qu'une partie des coups provenant de cette même erreur en moins ne donne des ricochets utiles. Si le tir devant l'ennemi s'effectuait avec le même sang-froid que dans un polygone, l'effet produit pourrait donc être terrible, surtout avec des hommes bien exercés.

Pour tenter de se rapprocher autant que possible des conditions pratiques, on établit deux cibles représentant l'étendue du front d'un peloton de trente-cinq files (1) : la première en fonte, afin que les balles ne puissent, en la traversant, aller toucher la deuxième ; celle-ci était placée en arrière à une distance de 50 yards, de manière à représenter ainsi le premier et le dernier peloton d'un bataillon de 700 hommes serrés en masse. On chercha alors à se placer dans les circonstances les moins favorables, de la manière suivante :

1° On choisit un jour où le vent, très-violent, prenait en flanc la ligne du tir ;

2° Pendant les deux heures qui précédèrent le tir, les hommes furent exercés sans interruption aux manœuvres de tirailleurs ;

(1) Inutile de rappeler que la formation anglaise est sur *deux* rangs.

3° Dix cartouches à blanc avaient été brûlées le matin afin d'encrasser les armes.

4° Les cibles étaient placées sur le galet (Hythe est au bord de la mer), sur lequel les ricochets sont beaucoup moins favorables que sur le sol ordinaire ;

5° Le terrain choisi pour l'expérience n'avait jamais servi aux exercices, était d'un aspect différent du champ de manœuvres ordinaire, et enfin les cibles s'adossaient à la pleine mer, ne donnant aucun point de repaire ;

6° Les balles, en touchant les galets, ne permettaient pas la rectification des coups, en ne soulevant aucune poussière comme elles auraient pu le faire sur la terre ; de plus, le vent violent empêchait de distinguer au bruit si une balle frappait le but.

Le peloton fut conduit vers les cibles, masquées par un pli de terrain, et, lorsqu'elles furent en vue, la première section, déployant en tirailleurs, tandis que la deuxième restait en réserve, ouvrit son feu à une distance inconuue, reconnue ensuite de 820 yards (749 mètres). Dix cartouches ayant été brûlées par homme, la ligne de tirailleurs s'avança, en exécutant le feu en marchant et brûlant ainsi

dix nouvelles cartouches; la ligne fut arrêtée à 550 yards (503 mètres), et acheva de pied ferme de consommer ses munitions (on avait distribué au départ trente cartouches par homme).

La première section fut alors relevée par la deuxième, qui brûla de pied ferme (à 550 yards) dix cartouches, dix autres dans le feu en *retraite*, qui se prolongea jusqu'à 800 yards, et enfin les dix dernières de pied ferme à cette dernière distance.

Le relevé des coups sur les deux cibles (Voir fig. 263 et 264, Pl. XXIX), donna sur un total de 1,050 coups tirés, 379 touchés dans la première cible et 238 dans la deuxième, soit 58 pour 100.

B. Angleterre. — *Tir exécuté à l'école de Hythe (mai 1856), dans le but de reconnaître l'effet que pourrait produire le feu d'un peloton de tirailleurs sur de l'artillerie de campagne.*

Le détachement qui fut chargé d'exécuter cette expérience se composait de 60 hommes, dont 23 seulement étaient à la première classe. Un groupe fut disposé de façon à représenter exactement une pièce de campagne se mettant en batterie (Voir fig. 265, Pl. XXX); les simulacres d'hommes et de chevaux étaient de grandeur naturelle, taille moyenne, les chevaux de couleur sombre sans aucune marque qui pût servir de point de repaire. Quant au caisson attelé, accompagnant la pièce, on le figura simplement à l'aide de cibles en fonte sur lesquelles on avait tracé les contours des six chevaux que l'on voulait représenter, mais sans dessiner les conducteurs.

Le peloton, déployé en tirailleurs à une distance de 610 yards (557 mètres) de la pièce de campagne, la sonnerie du clairon fit commencer le feu qui

s'exécuta réglementairement et cessa au bout de deux minutes, à la sonnerie de « cessez le feu. » Deux cartouches par homme avaient été brûlées.

Voici le résultat :

Pièce et avant-train.	Nombre de chev. touchés, 6. Nombre de coups touchés,	22.
	Nombre d'hom. touchés, 7. — —	7.
Caisson placé à 50 yards en arrière.	Nombre de chev. touchés, 4. Nombre de coups touchés,	8.
	Pas d'homm. représentés, — —	
	Total des coups touchés...........	37

Onze balles ayant touché n'ont pu être figurées sur le croquis, étant masquées. En outre, un assez grand nombre avaient frappé la pièce elle-même ou son avant-train.

Le deuxième feu fut exécuté à 810 *yards* (740 mètres), exactement de la même manière, sauf que sa durée fut de trois minutes au lieu de deux. Les hommes du premier rang avaient brûlé trois cartouches, ceux du second seulement deux.

Voici le résultat obtenu :

Pièce et avant-train.	Nombre de chev. atteints, 5. Nombre de coups touchés,	16.
	Nombre d'hom. atteints, 6. — —	8.
Caisson placé à 50 yards en arrière.	Nombre de chev. atteints, 3. Nombre de coups touchés,	10.
	Aucun homme n'était figuré.	
	Total des coups touchés...........	34

De même que dans le tir précédent, quatre balles ayant touché n'ont pu être figurées sur le dessin. De même, également, un grand nombre de balles avaient frappé la pièce, son avant-train ou son caisson.

FIN.

SOURCES AUXQUELLES L'AUTEUR A PUISÉ

Allgemeine militair zeitung. — *Journal des sciences militaires.* — *Colburn's united service military journal.* — *Revue militaire belge* — *Le Spectateur militaire.* — *Professional papers of the corps of royal engineers.* — COTTY, *Mémoire sur la fabrication des armes portatives.* Paris, 1806. — GREENER, *The science of gunnery.* London, 1841. — *Aide-Mémoire de l'artillerie française.* Paris, 1844. — DU QUESNAY, *Du tir des armes à feu.* Paris, 1845. — FAVÉ, *Des nouvelles carabines et de leur emploi.* Paris, 1847. — HOMILIUS, *Construction et fabrication des armes portatives.* Paris, 1848. — PANOT, *Traité des armes portatives.* Paris, 1851. — *Aide-Mémoire to military sciences.* London, 1851. — EMY, *Description abrégée de la fabrication des armes portatives.* Metz, 1852. — PIOBERT, *Traité d'artillerie.* Paris, 1852. — *Remarks on rifles and rifle practice.* London, 1852. — *Report on small arms*, ordered *by the house of commons to be printed.* London, 1854. — JERVIS, *The rifle musket*, 1854. — KENNEDY, *The theory of musketry*, 1855. — Notes prises au cours du capitaine Fèvre. Vincennes, 1855. — SCHOEN, *Das gezogene infanterie-gewehr.* Dresden, 1855. — *Uebersicht des zu Thun am 16ten Januar* 1855, etc. — *Aide-Mémoire de l'artillerie française.* Paris, 1856. — GILLION, *Cours sur les armes portatives.* Liége, 1856. — JACOB, *Rifle practice.* London, 1856. — *Griffith's artillerist's manual.* London, 1856. — MANGEOT, *Des armes rayées.* Bruxelles, 1857. — SCHMOELZL, *Ergænzungs Waffenlehre.* München, 1857.

TRAITÉ DES ARMES

Par le chevalier J. XYLANDER, Major au corps royal des ingénieurs de Bavière, chevalier de plusieurs ordres, membre de l'Académie royale des sciences militaires de Suède, docteur en philosophie,

4e ÉDITION, AVEC 3 PLANCHES,

OUVRAGE TRADUIT DE L'ALLEMAND

PAR LE COLONEL P. D'HERBELOT,

Et augmenté par le traducteur d'une NOTICE HISTORIQUE SUR L'ARTILLERIE *et subsidiairement* SUR L'ARMÉE FRANÇAISE, *et d'un* VOCABULAIRE DES ARMES.

PRÉFACE DU TRADUCTEUR.

L'ouvrage sur les armes (*Waffenlehre*) du chevalier Xylander m'avait été signalé comme jouissant d'une certaine célébrité en Allemagne. J'ai entrepris d'en traduire la troisième édition. A l'occasion de cette traduction, qui a paru en 1847, sous le titre d'*Étude des Armes*, j'ai reçu des témoignages de satisfaction de la part de M. le ministre de la guerre et de M. le président du comité d'artillerie. Une quatrième édition vient de paraître en Allemagne. J'en entreprends une nouvelle traduction dans laquelle je cherche à faire disparaître quelques irrégularités qui se trouvaient dans la précédente.

L'auteur allemand a ajouté à l'aperçu historique, qui se trouvait en tête de son ouvrage, quel-

ques chapitres consacrés principalement aux armes rayées. Il paraît avoir porté son attention sur les travaux relatifs à ces espèces d'armes, qui ont été effectués depuis une trentaine d'années en France. En traduisant cet aperçu historique, j'ai été amené à étudier les différentes phases de l'histoire de l'artillerie (corps chargé de la fabrication des armes) et à ajouter à la suite du travail de l'auteur une notice historique sur ce corps et subsidiairement sur l'armée française. Pour la rédaction de cette notice, j'ai consulté l'aide-mémoire de Gassendi, l'ouvrage de M. le commandant d'artillerie Le Bourg, l'essai historique publié dans l'*Annuaire de l'artillerie* (1835), le Mémoire de M. le lieutenant-colonel Favé, publié dans le *Mémorial de l'artillerie* (6e volume, 1845), l'*Histoire militaire de la France*, par Giguet (1849), l'*Histoire de l'ancienne infanterie française*, l'*Histoire du Consulat et de l'Empire*, l'*Histoire de la guerre de la Péninsule*, par le général Foy, le *Journal militaire*, le *Bulletin des Lois*, enfin les notes que j'avais jointes à ma traduction précédente.

On ne trouvera donc dans cette notice historique rien qui n'ait déjà été livré à la publicité, mais il m'a semblé qu'il pourrait y avoir quelque intérêt

à exposer, dans un cadre restreint autant que possible, les progrès successifs obtenus dans la confection du matériel et dans l'organisation du personnel de l'artillerie française, à rappeler les principaux faits d'armes de ce corps, enfin à mentionner les changements les plus importants qui ont eu lieu dans l'organisation et dans l'armement de l'armée française. Une notice rédigée dans ce but m'a paru susceptible de former un complément utile à l'aperçu historique de l'auteur.

TRAITÉ DES ARMES

APERÇU HISTORIQUE.

1. Dans l'origine, les premières armes ont été inventées, non-seulement pour l'usage de la guerre. mais encore pour les besoins de la chasse qui fournissait à l'homme les moyens de pourvoir à sa subsistance, et enfin pour sa défense personnelle contre les attaques des bêtes féroces.

PREMIÈRES ARMES DES PEUPLADES SAUVAGES.

Les armes, dans leur simplicité primitive, telles qu'on les a trouvées entre les mains des peuplades sauvages, furent des massues faites avec de fortes branches d'arbres ou avec des os d'animaux. Plus tard vinrent les lances destinées, soit au choc,

soit au jet : elles consistaient en tiges de bois taillées en pointe à l'un des bouts ou au deux, et armées d'os pointus, d'arêtes ou de dents. On se servit aussi de couteaux, de marteaux et de haches, formés de pierres dures, percées pour passer un manche.

2. D'une part ces armes exigeaient dans leur emploi une grande force de corps, de l'autre elles étaient insuffisantes pour tous les besoins, particulièrement pour la chasse; on fut amené à confectionner des frondes, des arcs et des flèches, pour pouvoir atteindre un but de loin. L'arc était formé d'un bois tenace et élastique, de 6 à 8 pieds de longueur, que l'on courbait en forme de segment circulaire, en bandant fortement des nerfs tordus d'animaux qui y étaient adaptés. Les flèches étaient faites d'un bois dur, et portaient, au bout opposé à la pointe, des plumes sur deux ou quatre faces.

Pour se garantir des atteintes de l'ennemi, on se couvrit avec des boucliers faits d'épaisses peaux de bêtes, d'écorces d'arbres, de clayonnage ou d'écailles de tortues.

3. La connaissance de plus en plus approfondie des propriétés des diverses matières, amena, comme

conséquence, des perfectionnements dans la fabrication des armes.

C'est en Asie qu'on trouve les premières traces de l'art de la guerre ; on doit y chercher également les premiers travaux d'art dont les armes furent l'objet ; mais les sources historiques y sont très-obscures, et on ne peut y puiser avec fruit.

ARMES DES GRECS ET DES ROMAINS.

4. A une époque moins reculée, l'attention est appelée sur l'organisation militaire des Grecs et des Romains. Il existe des écrits détaillés sur l'armement de ces deux peuples. Leur vêtement paraît avoir été réglé de manière à faciliter le maniement des armes. Il consistait en un manteau (*sagum*), d'épaisse étoffe de laine descendant jusqu'au genou, et que l'on quittait le plus souvent dans le combat. Sous ce manteau, le soldat portait un vêtement plus court (*tunica*), qui dans les premiers temps se mettait sur le corps nu sans le serrer et qui n'avait pas de manches. Plus tard, non-seulement on y ajouta des manches, mais on porta par dessous une espèce de chemise. Des culottes en

cuir descendaient jusqu'aux mollets, et des bottines s'adaptaient dessus.

Les officiers étaient munis d'un manteau plus fin et plus long que celui du soldat; les généraux avaient des manteaux de pourpre qu'on nommait (*paludamenta*.)

5. Dans le principe, les armes de ces deux peuples étaient en général confectionnées en cuivre ou en airain, alliage du cuivre avec l'étain ou le plomb chez les Grecs, et de cuivre avec le zinc chez les Romains. Plus tard ils apprirent à travailler le fer et à le convertir en acier, et ces matières furent employées à la confection des armes.

Elles se divisaient en trois classes : 1° celles qui servaient à la défense, et qu'on nommait *armes défensives*; 2° celles qui servaient dans les combats homme contre homme, et qu'on appelait armes offensives; 3° enfin celles qui nécessitaient le concours de plusieurs hommes pour frapper un grand coup sur l'ennemi, et qui s'employaient aussi bien en bataille rangée ou dans les camps, que dans l'attaque et la défense des places.

6. Les armes défensives des Grecs et des Romains étaient le bouclier, le casque, la cuirasse et les jambières.

Les Grecs portaient avec le bras gauche un bouclier d'airain de forme ovale de 4 pieds de longueur sur 2 pieds 1/2 de largeur. Au milieu se trouvait adaptée une saillie hémisphérique, pour mieux garantir contre les pierres, les traits ou autres projectiles de l'ennemi. Lorsqu'elle se terminait en pointe, elle servait aussi dans l'attaque. Intérieurement, ce bouclier était adapté au corps de l'homme et concave, garni en outre de deux anses pour en rendre le port plus facile. L'une d'elles, dans laquelle on enfonçait le bras, correspondait au centre de gravité ; l'autre, placée vers le bas du bouclier, était disposée de manière que la main put y atteindre. Le bouclier, pendant la marche, se portait sur l'épaule gauche : on avait coutume d'y peindre des têtes de bêtes féroces, quelques traits de la vie des héros célèbres, ou même l'image des divinités.

Les troupes légères d'infanterie et de cavalerie faisaient usage de boucliers en bois, de petite dimension et de forme ronde.

Les Romains, imitateurs des Grecs, portaient un bouclier *(scutum)*, de même forme, fait en bois recouvert intérieurement et extérieurement de plusieurs pièces de cuir ou de toiles superposées, et garni de tôle sur les bords. On y retrouvait au de-

hors la partie convexe *(umbo, ombilic)*, et au dedans les deux anses des Grecs.

Les cavaliers et les troupes légères, à Rome, se servaient de plus petits boucliers *(parma)*, de 3 pieds de diamètre, faits d'ailleurs comme ceux des autres troupes.

Du temps de César, on donna une enveloppe au bouclier pour le ménager.

Sur chaque bouclier était écrit le nom et le grade de celui qui le portait, et la division dont il faisait partie.

Chez ces deux peuples, on attachait une haute importance au bouclier. Ceux qui revenaient du combat sans le rapporter étaient regardés comme déshonorés. Chez les Romains, après l'action, ils étaient battus de verges jusqu'à la mort, ou lapidés.

7. Le casque des Grecs était d'airain ou de cuir muni d'airain. Il descendait jusqu'aux épaules et laissait la vue libre. Des deux côtés se trouvaient des courroies qui fixaient fortement le casque sous le menton et qui protégeaient les joues. Les Lacédémoniens portaient des casques fermés; les Macédoniens se servaient souvent d'une espèce de coiffure de peau de bête pour se préserver du froid.

Les simples soldats avaient sur leur casque une petite queue de cheval, la plupart du temps, teinte en rouge. Les chefs en portaient de plus grandes qu'ils quittaient en signe de deuil.

Le casque romain *(galea, cassis)* était semblable à celui des Grecs, et était porté, soit par la grosse infanterie, soit par la cavalerie. Les troupes légères, au lieu de casque, se servaient d'une peau de loup ou de tout autre animal pour couvrir leur tête. Cette variété de coiffure devint aussi l'occasion de distinctions pour les guerriers qui, dans un combat, s'étaient signalés par quelque action d'éclat.

8. La cuirasse *(lorica)*, destinée à défendre le corps, était, chez les Grecs, faite de métal, de cuir, ou de toiles superposées. Les bras, depuis les épaules jusqu'aux coudes, étaient couverts de bandes d'airain. Les cuirasses de métal étaient formées d'écailles, d'anneaux ou de chaînettes. Dans les grades subalternes de l'armée, on n'avait de cuirasse que sur la poitrine, et le dos restait découvert. La cuirasse s'appuyait sur les hanches, elle y était fixée par plusieurs bandes garnies de métal ayant la forme de courroies, qui descendaient jus-

qu'aux genoux et qui entouraient le bas du corps et le garantissaient.

Les chevaux portaient aussi des chaînes et des plaques de métal sur les parties du corps où les blessures présentent le plus de gravité.

Les Romains couvraient leur poitrine avec une cuirasse métallique du même genre; plus tard s'introduisit dans leurs troupes l'usage des cuirasses de cuir, dont la résistance était augmentée par une garniture en écaille ou en chaînes de métal. Le soldat de ligne romain, s'il n'avait pas de ressources pécuniaires, prenait, au lieu d'une cuirasse complète, une pièce métallique *(pectorale)*, de 12 doigts de diamètre. Chacune de ses épaules était garantie par quatre courroies; six autres, munies de chaînettes, préservaient la partie inférieure du corps sans gêner la marche.

9. Les Grecs couvraient avec des jambières les genoux et l'os de la jambe; elles étaient d'abord faites en cuir; on les fit plus tard en forte tôle. Pour ceux qui se servaient de la lance, le pied gauche seul était garanti, parce que dans les combats il était le plus exposé.

Les jambières (*ocreæ*) des Romains ne couvraient que l'os de la jambe; elles étaient de tôle, dou-

blées en laine et bouclées fortement derrière le mollet. Dans les temps reculés, on s'attachait davantage à protéger le pied et le bras droit, parce que le côté gauche était, dans l'action, plus en arrière et garanti par le bouclier, tandis que le droit était plus exposé par suite du maniement de l'épée.

10. La seconde espèce d'armes chez ces deux peuples comprend : 1° *les lances et les diverses espèces d'armes de jet*; 2° *l'épée*; 3° *la fronde*; 4° *l'arc*.

La *sarisse*, lance de 16 à 18 pieds de longueur, arme de choc, se composait d'une hampe de bois fort, quoique léger, terminée par une pointe aiguë de métal. L'emploi que les Macédoniens firent de cette arme, lui donna une grande célébrité. L'arme de choc des Romains s'appelait *hasta*; elle pouvait avoir 14 pieds de longueur, et en marche, se portait de la main gauche. Les longues armes de choc usitées plus tard, se nommaient lances *(lanceas)*.

La lance des cavaliers *(centus)* était plus longue et, en outre, elle était munie d'une pointe à chacun des bouts de la hampe, de sorte que si l'une venait à se rompre, l'autre pouvait servir. On employait cette arme au commencement de l'action, comme arme de choc; avant de tirer l'épée, on la jetait comme hasta dans les rangs de l'ennemi.

Les légionnaires portaient deux lances de jet, dont l'une d'un diamètre de 4 à 5 pouces, était garnie d'une courroie vers le centre de gravité, pour en facilité le port ; l'autre était plus mince et plus légère. Cette dernière était spécialement destinée au jet ; l'autre, au contraire, devait être aussi employée comme arme de choc. La hampe de l'une et de l'autre avait 5 pieds 1/2 de longueur. La pointe de fer était munie d'une espèce d'hameçon qui, lorsqu'on la retirait, aggravait la blessure. Ce fer avait à peu près la longueur du bois, et y était fortement fixé.

Le javelot *(jacula)* de l'infanterie légère avait un bois de 4 pieds et une pointe d'une palme (0m, 21 à 0m, 26) de longueur. Le bois avait un pouce de diamètre. La pointe était si mince qu'elle se courbait après le premier jet, lorsqu'elle était lancée sur un objet susceptible de présenter une certaine résistance ; ce qui mettait l'ennemi dans l'impossibilité de s'en servir ; chaque soldat portait sept javelots avec lui.

Sous les empereurs, les javelots plombés *(plumbatas)* furent adoptés dans quelques légions. Chaque homme en portait cinq sous son bouclier. Le plomb leur donnait une plus grande force de projection.

11. L'épée des Grecs a varié de forme et de longueur suivant les époques. Anciennement, elle était plus longue ; ensuite on adopta un sabre plus court, qui, comme celui des Perses, était souvent courbé sur le devant et qui, encore aujourd'hui en usage chez les Orientaux, a beaucoup de rapport avec le *yatagan*. (Planche I, fig. 1.)

Les Lacédémoniens se servaient d'épées courtes, lourdes, à deux tranchants, recourbées et très-vraisemblablement destinées seulement à la taille.

Les Romains employèrent, avant la deuxième guerre punique, un glaive à un tranchant, sans pointe ; ensuite ils le remplacèrent par une épée espagnole nommée *gladius*, propre à frapper de taille et de pointe, dont la lame était d'acier, courte, forte et très-tranchante. (Pl. I, fig, 2.)

Le glaive des cavaliers romains était plus long que celui des fantassins et seulement destiné à la taille, c'était leur arme principale. Quelques auteurs, prétendent que ce glaive *(spatha)* fut, du temps des empereurs, emprunté aux peuples du Nord. On ne peut décider si les Grecs portaient l'épée à droite ou à gauche ; on sait que les Romains la portaient à droite, et de manière à ne pas gêner la marche. Du temps de Ves-

pasien, les Romains avaient (peut-être seulement les cavaliers), d'après le dire de Josèphe, à gauche une épée, à droite un poignard.

L'épée ne tint pas toujours à la ceinture, mais, ainsi qu'on le voit sur les sculptures des colonnes de Trajan et d'Antonin, on la portait à un baudrier *(balteo)*, qui s'appuyait sur l'épaule.

A côté de l'épée, la plupart portaient un couteau ou un poignard dont ils se servaient, soit dans la mêlée, soit pour leur usage habituel.

12. La simple fronde *(funda)* avait la forme d'une espèce de sangle qui au milieu s'élargissait en ovale, et qui à chaque bout se terminait en étroites courroies. On la faisait avec des joncs, des crins, de la laine ou avec des cordons, des *muscles* d'animaux, et on s'en servait pour jeter au loin des pierres, des balles et même des traits ; on tournait fortement la fronde deux ou trois fois en cercle au-dessus de la tête, puis lâchant tout à coup l'un des bouts, pendant que l'autre restait engagé dans la main, on lançait la pierre au but ; il en résultait de dangereuses blessures. Le frondeur qui, en un seul tour, donnait au projectile la force centrifuge nécessaire, passait pour très-habile.

Chez les Grecs, les Acarnaniens, les Achéens,

les Étoliens et, du temps des Romains, les habitants des îles Baléares, étaient très-habiles à se servir de la fronde, et ils contribuaient puissamment au gain d'une bataille.

Alexandre dédaignait l'usage de la fronde; Xénophon, au contraire, dans la célèbre retraite, s'en servit avec un grand succès dans plusieurs occasions.

Sous Trajan, il y eut en usage une autre espèce de fronde (*fustibalus*) : elle consistait an une courroie fixée à un bâton de 4 pieds de long avec lequel on lançait très-légèrement.

Chaque frondeur portait du côté gauche, dans un sac de cuir, le nombre des projectiles nécessaires pour pouvoir en alimenter le jet d'une manière continue.

13. L'arc (*arcus*) fut originairement employé par les peuples orientaux. C'est à eux que les Grecs paraissent l'avoir emprunté. Ils donnaient cette arme de préférence aux cavaliers, et la faisaient en corne ou en acier pour lui procurer une force de tension qu'on ne pouvait obtenir avec le bois le plus élastique. A Rome, elle n'était en usage que chez les troupes auxiliaires.

Les guerriers Crétois et Thraces étaient renom-

més pour leur dextérité à manier l'arc, et plusieurs d'entre eux s'en servaient avec beaucoup de succès à 150 pas (113 m.) de distance.

14. La troisième et dernière espèce d'armes, dont l'emploi nécessitait le concours de plusieurs hommes, comprenait : 1° les chariots de combat; 2° les balistes et onagres ; 3° les catapultes; 4° les frondibales ; 5° les béliers.

Les chariots armés de faux étaient dans l'origine portés par deux roues et attelés de deux chevaux harnachés.

Le timon, les roues et le corps du chariot étaient souvent garnis de différents instruments pointus ou tranchants.

Sur le char se trouvait un conducteur armé, et derrière lui, un guerrier habile à manier, suivant le besoin, l'arc, le javelot ou la lance. D'après le témoignage d'Homère, les guerriers devant Troie combattaient sur de semblables chars. Plus tard, on augmenta leurs dimensions ; on les monta sur quatre roues, et on porta le nombre des combattants jusqu'à huit ou dix. On les attela de quatre chevaux de front. Le conducteur s'en servait pour rompre l'infanterie, ensuite les combattants sautaient à terre, attaquaient l'ennemi à dos, pendant

que les autres troupes profitant du désordre occasionné par les chariots, l'attaquaient de front.

Ces chariots furent considérés longtemps comme un excellent moyen de combat ; mais petit à petit leur puissance s'affaiblit. On les entourait d'hommes armés à la légère, qui jetaient à bas les combattants et tuaient les chevaux. D'après l'ordre d'Alexandre, les guerriers, poussant subitement de grands cris, effrayaient les chevaux et les couvraient de traits de toute espèce ; les chars approchaient-ils des rangs avec un grand fracas, on les ouvrait sans résistance et on les refermait aussi vite que possible.

Sous Sylla, on plantait de nombreux pieux en avant de la ligne de bataille ; ils restaient cachés à l'ennemi par les troupes légères placées en avant, jusqu'à l'approche des chars. En ce moment les troupes légères se retiraient derrière les pieux. Les légionnaires jetaient de violents cris de guerre ou frappaient avec force sur leurs boucliers ; les chevaux s'effrayaient, se retournaient, renversaient les chars, et portaient le désordre parmi ceux qui les envoyaient. Les Romains employaient aussi l'infanterie légère contre ces chariots ; eux-mêmes ne s'en servaient jamais. En général, il suffisait d'un

terrain inégal pour rendre leur action impuissante, et petit à petit, ils disparurent complétement de l'ordre de bataille.

15. Un autre moyen de guerre qui était très-comparable aux chariots, tant pour le mode d'action que pour l'effet produit, c'étaient les éléphants. Ils furent employés d'abord à la guerre dans les pays orientaux. C'est là que les Grecs et les Romains firent l'épreuve de leur puissance; et au temps d'Alexandre le Grand, plusieurs éléphants furent transportés d'Asie en Europe : ils avaient probablement été pris aux Perses.

On les chargeait de tourelles sur lesquelles on plaçait de quatre à trente guerriers armés de traits. Ces animaux jetaient l'épouvante par leur masse et leurs cris. Ils renversaient tout ce qui se trouvait sur leur route, saisissaient les ennemis avec leurs trompes, les jetaient au loin, ou les livraient aux hommes armés, montés sur les tours. De son côté, l'armée ennemie avait aussi des éléphants, qui combattaient de la même manière ; la rage de ces animaux était excitée au plus haut degré par les blessures. Les Romains en prirent quelques-uns dans les guerres puniques ; ils les rendirent à la conclusion de la paix, et en employèrent eux-

mêmes dans la guerre contre Philippe III, roi de Macédoine. Les éléphants soutinrent fortement l'aile droite des Romains, à la bataille de *Cysnoscéphales*, et contribuèrent puissamment au gain de cette affaire décisive. Jules César fit transporter quelques éléphants d'Afrique en Italie. Les guerriers et les chevaux s'accoutumèrent à leur vue et à leurs cris. Il parvint à les dresser et à leur faire observer dans le combat, un ordre étonnant. D'un autre côté, l'ennemi cherchait à les effrayer par des cris violents et des feux, à couper leurs trompes, à les blesser au jarret, et alors perdant la tête, ils se retournaient assez souvent et renversaient l'armée dont ils faisaient partie.

Pour se prémunir contre ce danger, les guerriers se servaient de cuirasses garnies de beaucoup de pointes, qui empêchaient les éléphants de les attaquer avec leurs trompes.

On se défendait de loin, soit avec des machines de jet, soit en préparant en avant de la ligne de bataille, des trous profonds ou des chausse-trappes que l'on recouvrait. Cette disposition devenait-elle inutile, on ouvrait les rangs pour laisser passer les éléphants ; on les refermait le plus promptement possible, et on n'avait plus à craindre de nouvelles

attaques par suite de l'indocilité de ces bêtes devenues furieuses.

16. Pour faire éprouver de loin de grands désastres à l'ennemi, les Grecs et les Romains employaient la *baliste*, machine de jet (pl. I, fig. 3), consistant en un fort échafaudage *(a)*, dont la pièce principale était formée par une poutre *(b)* terminée en forme de cuiller, enveloppée de corde ou de toile. On y plaçait des pierres, des projectiles de métal. L'extrémité la plus basse était engagée entre des câbles, de fortes cordes à boyau, ou des nerfs de cheval, de cerf ou de taureau, que l'on tordait fortement à l'aide d'une roue dentée *(c)*.

Pour faire usage de cette machine, il fallait d'abord abattre avec force la poutre à l'aide d'un cabestan *(d)*. La cuiller était arrêtée en position horizontale par un crochet *(e)*, qu'on pouvait lâcher facilement après avoir enlevé les cordages nécessaires pour la manœuvre du cabestan. Alors les projectiles placés dans la cuiller étaient lancés avec force.

Au commencement, les Grecs et les Romains se servaient de ces machines de jet, dans les siéges, dans la défense des défilés et des rivières, sur des points où ces pièces pouvaient rester longtemps dans la même position; mais depuis la guerre

contre les Parthes, on les plaça sur des chariots à quatre roues et on s'en servit sur les champs de bataille.

Les Grecs nommaient leurs grandes balistes *onagres*. Dans Végèce, on donne aussi ce nom à des machines de jet traînées par des bœufs.

17. Les *catapultes (carcobalistæ)* ne lançaient par les projectiles suivant des courbes à forme parabolique, comme les balistes, mais dans une direction plus rasante ; elles avaient en général beaucoup de rapport avec une grande arbalète. Elles consistaient en un canal de bois sur lequel était posé un très-fort arc d'acier, muni d'une corde à boyau ou d'une corde de chanvre, et que l'on bandait au moyen d'un crochet de fer et de deux cabestans, jusqu'à ce que la corde fut bien arrêtée par un mécanisme en arrière ; on lâchait les cordes tout à coup, et le trait placé dans le canal était lancé avec violence contre le but dans la direction donnée.

18. Dans les grandes catapultes (pl. I, fig. 4), l'arc était remplacé par un châssis *(a)*, sur lequel se dirigeaient horizontalement deux bras *(bb)*. La force d'impulsion était produite par deux fortes cordes à boyau *(dd)*, fixées par le haut au châssis, et par le bas, à une des extrémités des bras. Ces

cordes avaient acquis une grande élasticité par une forte torsion. Les deux autres bouts de ces bras étaient liés par un câble *(e)*, qui, au moyen d'un cabestan *(f)*, pouvait être successivement tendu et lâché comme la corde d'un arc, et lançait un trait ou une poutre placé dans le canal *(c)*. Plusieurs de ces catapultes, particulièrement celles destinées à servir sur le champ de bataille, avaient un mécanisme qui permettait de les tourner promptement autour d'un axe, dans le sens horizontal. D'autres avaient aussi un mouvement dans le sens vertical. ou étaient susceptibles de lancer à la fois plusieurs traits.

Les plus légères, qui pouvaient être placées sur un chariot attelé de deux chevaux, étaient employées à différentes places dans les combats, et leur manœuvre, confiée à des hommes exercés, s'exécutait très-rapidement. La plus petite espèce (peut-être *manu baliste)* (pl. I, fig. 5) s'appelait, suivant Vitruve, *scorpion*. Elle se chargeait sur un pied, qui permettait de la tourner horizontalement, et pouvait être manœuvrée par un seul homme, et lancer des traits de 300 à 500 pas (de 226 à 377 mètres.)

Indépendamment des machines de jet ci-dessus

nommées, les anciens employaient particulièrement pour la défense une machine très-simple nommée ***Frondibale*** (pl. I, fig. 6). Elle consistait en un pied massif (*a*), sur lequel s'élevaient deux montants (*bb*), qui, à leur extrémité la plus élevée, étaient reliés par une tige horizontale. A cette tige était fortement assujettie une perche à bascule *(d)*. Au bout de sa plus longue partie, elle portait un panier remplie de pierres, un sac de cuir ou une caisse *(c)*; à l'autre bout on attachait une ou plusieurs cordes (*b*), qui s'enroulaient sur une poulie *(g)*; en lâchant ces cordes, on projetait jusqu'à une distance de 200 pas (156 mètres) des pierres ou d'autres projectiles pesant souvent jusqu'à 20 ou 30 livres.

19. Toutes les machines mentionnées jusqu'à présent ne suffisaient pas pour renverser le mur d'enceinte d'une ville. Dans ce but, les Grecs et les Romains employaient le ***bélier (aries)***. Suivant le degré de résistance du mur, cette machine était construite plus ou moins fortement. Une espèce de bélier très-simple consistait en un tronc d'arbre, muni à son extrémité d'une pièce de fer ou de métal en forme de tête de bélier ou de cheval, destinée à empêcher le bois de se fendre par le choc. Sou-

vent ce bélier, au lieu de cette pièce, portait une forte pointe ou une pioche pour séparer les pierres les plus légères et les rompre. Ces machines étaient manœuvrées simultanément par plusieurs guerriers, qui, après les avoir mises en vibration, en frappaient tout à coup le mur.

Une seconde espèce consistait en une longue pièce de bois de 60 à 100 pieds, garnie de tôle de fer, pour la préserver du feu de l'ennemi, fixée par son centre de gravité à un échafaud, au moyen d'une corde ou d'une chaîne. Pour qu'elle fut balancée plus régulièrement, l'extrémité portait un fort contre-poids, qui, en outre, servait à augmenter le poids et la force de choc de la machine. Elle était mise en mouvement par cent guerriers au moins tirant sur la corde.

Une troisième espèce de béliers, et la plus lourde, pouvait seulement être mue au moyen d'un système de poulies et de treuils. En général, pour préserver les travailleurs des traits et des projectiles ennemis, on recouvrait les deux dernières espèces de béliers d'un toit mobile de bois (*testudo arietariæ*).

20. Les Grecs et les Romains s'occupaient avec le plus grand soin des moyens de conduire sous les

murs ennemis, en s'exposant le moins possible, les machines de destruction, et ils construisaient pour leur sûreté, non-seulement de longues galeries de bois, mais aussi des tentes, des toits et des tours qu'on appelait *Helépoles*, et qu'ils mettaient en mouvement par des systèmes de poulies et de roues; mais ces ingénieux moyens d'approche sont du ressort de l'art de la fortification et ne doivent pas être décrits ici.

Nous ferons remarquer toutefois que les Grecs et les Romains n'allourdissaient pas leurs armées par la conduite des machines de siége et de destruction; mais qu'ils réunissaient au lieu de leur destination tout ce qui était nécessaire, et préparaient d'avance les machines de jet et non-seulement les têtes de béliers et les cordages, etc., mais aussi tous les objets qui pouvaient ne pas se trouver sur les lieux, comme des bois, par exemple.

21. D'abord sous les empereurs, l'emploi des machines de jet étant devenu général sur le champ de bataille, chaque légion romaine traîna avec elles 30 catapultes et 10 balistes. Cette proportion fait voir combien on préférait les machines qui projetaient au loin leurs projectiles dans une



direction rasante, très-vraisemblablement parce qu'elles avaient plus de justesse, quoique leur force de projection dût être moindre.

On peut remarquer cependant qu'entre les instruments de jet décrits dans les chapitres 16 et 17, la ligne de démarcation n'est pas bien arrêtée, mais que par l'addition d'un canal (pl. 1, fig. 3), dans lequel on pouvait aussi placer un trait, le mode d'action des balistes fut combiné avec celui des catapultes; d'où il est résulté que dans la plupart même des anciens écrivains, il s'est glissé quelque confusion dans la désignation des balistes et des catapultes.

22. Pour ce qui concerne la puissance de ces machines, on sait que les Romains lançaient ordinairement avec les plus grandes, à 1,200 pas (904 mètres) de distance, des masses de pierres, du poids de 200 à 600 livres; qu'ils projetaient des traits, de 6 à 12 pieds de longueur, semblables à des poutres, à une distance qui n'excédait pas 4 à 500 pas (302 à 377 mètres) en direction horizontale; mais à une hauteur plus grande que cette distance.

Ces machines produisirent beaucoup plus d'effet qu'on ne peut le croire, parce que les armées alors

combattaient de près, et que, de plus, on n'était gêné, ni par le bruit, ni par la fumée.

23. La valeur de l'armement était aux frais du gouvernement, soit en Grèce, soit à Rome. Dans ce dernier État, on avait créé des établissements particuliers où l'on déposait toutes espèces d'armes et de munitions; elles se trouvaient, partie dans un grand arsenal sur le mont Cœlius, ou dans ceux des provinces, partie dans les camps romains; elles étaient prises en recette, mises en ordre et entretenues toujours en bon état par des gardes.

Toutes les armes de grande dimension devaient être ainsi conservées dans chaque camp; quant aux petites, telles que les poignards et les épées, non-seulement les guerriers romains, mais même les travailleurs employés aux fortifications ne devaient jamais les quitter.

Tous les sept jours, les armes, objets d'armement et d'habillement, étaient passés en revue et les négligences étaient punies.

A Rome, la vente de toutes armes et même celle du fer était sévèrement défendue. Les particuliers pouvaient bien faire des couteaux et autres instruments tranchants, jamais des armes.

24. Tous les bourgeois en Grèce devaient être

exercés au maniement des armes. Cet exercice à Sparte, à Athènes et en Macédoine était poussé à un haut degré de perfection. Les enfants spartiates, dès l'âge de sept ans, apprenaient à combattre en jouant, et à prendre rapidement leur ordre de bataille; ils combattaient entre eux avec un incroyable acharnement et aimaient mieux tomber comme morts de fatigue que de s'avouer vaincus.

Lycurgue pensait que les jeunes guerriers devaient être soumis dans leur patrie à un régime plus dur que même en en temps de guerre.

En paix, les guerriers étaient employés à couper les bois, labourer les terres, creuser des canaux, faire des routes. Ceux qui se distinguaient dans ces travaux, en étaient récompensés par de belles armes.

Du reste, les exercices sur les armes étaient sans doute à peu près les mêmes chez les Grecs et chez les Romains. Végèce les décrit clairement dans son premier volume, du onzième au dix-huitième chapitre. Nous en donnons un extrait.

25. Chaque jeune soldat devait enfoncer un pieu en terre assez fortement pour qu'il ne pût être ébranlé, et de manière qu'il en restât une hauteur de 6 pieds hors de terre.

On lui donnait un bouclier d'osier, et pour épée

une arme de bois qui cependant était deux fois plus lourde que celle destinée aux collisions sérieuses.

Le jeune guerrier devait simuler une défense contre ce pieu, censé représenter un ennemi, apprendre à porter des blessures, tantôt dans le haut, tantôt dans le bas à la partie supérieure du jarret, à se dérober rapidement aux coups d'estoc ou de taille de l'ennemi, et à renouveler son attaque, sans donner prise sur lui-même.

Plus tard, on exerça moins aux coups de taille qu'à ceux d'estoc, parce qu'il fut reconnu que les coups d'estoc faisaient des blessures plus meurtrières que ceux de taille, et parce que dans le premier mode d'escrime on se découvre moins que second.

26. Le jeune soldat était exercé aussi à lancer des traits contre ce pieu, en employant toute sa force.

Le quart environ des nouvelles levées apprenaient à se servir de l'arc en lançant des traits sur un pieu; la main gauche tenait l'arc avec fermeté, la droite le bandait fortement, et le tireur dirigeait son œil et son esprit vers le but. Ainsi s'exerçait-il à tirer à pied et à cheval.

On montrait également aux soldats de recrue à lancer des pierres, soit avec la main, soit avec la fronde décrite ci-dessus.

On leur apprenait à s'élancer sur un cheval de bois et à sauter à terre. Cet exercice avait lieu à l'air en été, sous un toit en hiver; on l'exécutait d'abord avec célérité sans armes, ensuite armé, et en dernier lieu l'épée tirée.

Enfin, les jeunes guerriers étaient habitués à porter, outre leurs armes, un poids qui s'élevait jusqu'à 60 livres, non-seulement en marchant, mais même en courant.

Les recrues étaient exercées le matin et l'après-midi; les anciens soldats seulement une fois par jour. Ces exercices de guerre étaient chez les Romains un puissant moyen pour l'entretien de la discipline, et leurs généraux les plus distingués, les empereurs eux-mêmes les encourageaient souvent par leur présence et par leur exemple.

27. Après la destruction des provinces de l'ouest de l'empire romain, celles de l'est se soutinrent encore longtemps, soit parce qu'elles étaient mieux défendues au nord, soit parce que les peuples voisins ne les attaquèrent pas aussi vivement.

Cependant elles succombèrent peu à peu à leur

tour. Dans les années 675 et 717, la ville capitale de Constantinople résista aux Sarrasins par suite de l'invention ou plutôt de l'emploi habile du feu grégeois.

Le secret de produire ce feu et d'en tirer parti fut communiqué en l'an 668 à l'empereur Constantin Pogonat par Callinique, né à Héliopolis en Syrie ; lui-même le tenait des Arabes.

La composition destinée à produire le feu grégeois n'a jamais été bien connue, parce que la recette ce feu a été tenu secrète à Constantinople où il a été conservé comme le palladium de l'État. Quelques écrivains modernes en distinguent trois espèces : 1° du Naphte ou du Pétrole très pur qui par sa légèreté spécifique surnageait non-seulement sur l'eau mais encore sur l'esprit de vin ; cette matière était très-inflammable ; 2° un mélange de résines avec lesquelles on formait des traits enflammés ; 3° une composition détonante vraisemblablement de salpètre, soufre et charbon. On rapporte que ce feu ne pouvait être éteint avec de l'eau, mais avec des acides, du sable ou de la terre.

Les Grecs restèrent pendant 400 ans exclusivement en possession de ce secret qui dut être ensuite

livré aux Sarrasins; car en plusieurs occasions ils s'en servirent avec avantage contre les Croisés, mais plus tard on perdit les traces de ce feu dont les effets étaient si puissants. Toutes les relations tendent à prouver qu'il a été mis en usage soit comme projectile, soit comme moteur, que ce dernier a beaucoup d'analogie avee la poudre et qu'il fut employé sous la forme de fusées. Toutefois dans la suite des temps, ce feu a été très-perfectionné dans sa production et dans son emploi.

ARMEMENT DANS LE MOYEN AGE.

28. Dans le moyen âge, on vit se former la chevalerie, et chaque homme de guerre fut couvert de la tête aux pieds d'armures pesant de 30 à 50 livres et même davantage. On pouvait difficilement trouver une jointure par laquelle il fût possible de blesser le chevalier.

Ces armures consistaient: 1° en un *bouclier, écu, rondache;* 2° un *armet, casque, elme;* 3° une *cuirasse;* 4° des *brassards* et *cuissards;* 5° des *gantelets*.

Les boucliers des chevaliers étaient ronds ou ovales, d'abord en bois ou en cuir, plus tard garnis de tôle; enfin complétement recouverts de ce métal. Le fantassin portait un armement moins complet, mais il se servait d'un grand bouclier qui couvrait tout son corps et qui, terminé en pointe vers le bas, se nommait *targe*.

Lorsque l'armement de défense fut très-perfectionné, les chevaliers n'eurent plus besoin de bouclier pour combattre, mais ils le firent porter comme armoiries par leurs écuyers, cette pièce pouvant les gêner en montant à cheval.

Dans les tournois, les chevaliers portaient, fixé à la cuirasse, une espèce de bouclier plat de bois très-tenace, destiné à les garantir des coups de l'ennemi.

29. L'*armet*, *casque*, *elme* du chevalier était de fer ou d'acier, quelquefois richement décoré, mais assez solide pour résister à un fort coup de hache d'armes; il pesait de 6 à 9 livres. Il enveloppait et couvrait toute la tête; il était ordinairement muni d'une visière grillée ou percée d'ouvertures pour les yeux: cette visière pouvait se lever ou se baisser à volonté.

Pour ornement, le casque était surmonté d'un aigle, d'un lion ou d'un panache flottant. En Allemagne, les chevaliers portaient des casques qui ne s'ouvraient pas facilement. Ceux des écuyers et des fantassins portaient la dénomination de *salade*, *bourguignotte*.

30. Le casque était lié au *hausse-col*, *gorgerin*, qui pesait de 1 livre 1/2 à 3 livres et défendait le cou et une partie de la poitrine, complètement couverte d'ailleurs, ainsi que le dos, par le *haubert* ou *cuirasse*.

Il y en avait de trois espèces différentes. Les plus anciennes pour la plupart étaient faites en fort fil de fer tressé, et couvraient le corps comme une chemise. Dans les croisades, le fantassin français portait de semblables cottes de maille. La deuxième espèce se composait d'écailles de métal ou de corne fortement réunies de manière à ne laisser aucun vide. Enfin, la troisième espèce, confectionnée complétement en tôle de fer ou d'acier, d'après la forme du corps, était polie au blanc, bronzée ou noire; elle pesait de 8 à 12 livres.

Sous la cuirasse, les chevaliers portaient un *gobisson* de cuir, fortement doublé, pour empêcher

la pression de la cuirasse contre le corps, et de plus, pour amortir les coups de l'ennemi.

31. A l'extrémité de la cuirasse proprement dite, commençait le *corselet*, qui s'étendait jusques au haut de la cuisse et qui était attaché à la cuirasse ; il pesait de 3 à 4 livres. A cette pièce tenaient les *cuissards*, et à ceux-ci les *genouillères* et les *jambières*, pesant de 8 à 15 livres, sous lesquels on portait des culottes ou hauts de chausse.

Avec le hausse-col, la cuirasse de poitrine et de dos étaient liées les *épaulières*, et avec celles-ci les *brassards*, réunis aux articulations du coude. Ces portions d'armures, destinées à préserver les bras, pesaient ensemble de 6 à 10 livres.

Ces pièces étaient si bien adaptées qu'elles permettaient tous les mouvements du corps.

Quelquefois les gens de pied à cette époque portaient au pied droit une jambière de fil métallique, le gauche était complétement couvert par la *targe*.

32. Indépendamment de cette armure, les chevaliers de distinction prenaient dans les grandes occasions, un vêtement de dessus sans manches, semblable à la tunica des Romains, *cotte d'armes*, sur laquelle ils faisaient graver leurs armes, lorsqu'ils ne portaient pas de bouclier.

Dans les tournois, les hérauts d'armes avaient des tuniques de ce genre.

Les *gantelets* complétaient l'armure des chevaliers. Ils étaient faits en cuir, garni par dessus de fortes écailles en tôle de fer, qui n'empêchaient pas le mouvement de la main. Pour mieux garantir les articulations de la main, un rebord de fer s'étendait jusqu'au milieu de l'avant-bras ; ils pesaient de 3 à 4 livres.

Le cheval avait aussi la tête, la poitrine et les flancs couverts de chaînettes ou d'écailles.

33. Le chevalier avait pour armes offensives: 1° la *lance;* 2° le *glaive, espadon, épée;* 3° le *poignard;* 4° le *marteau d'armes, la hache d'armes* ou la *massue armée de pointes de fer;* 5° l'*arc* et les *flèches;* 6° l'*arbalète*.

Les chevaliers proprement dits, portaient seuls la lance, et on comptait la force d'une troupe par le nombre de lances. Cette arme de choc consistait en une forte hampe en bois, garnie au bout d'une courte pointe d'acier; à l'autre bout se trouvaient les ailes (*Brechscheibe*) pour la défense de la main. La lance entière avait une longueur de 18 à 21 pieds. Dans les combats sérieux elle était ornée d'une banderolle, dont l'objet était de faire recon-

naître plus aisément dans la mêlée les chevaliers aux écuyers et aux valets. Dans les tournois, les lances ne portaient pas de banderolles, soit pour ne pas effrayer le cheval de l'adversaire, soit pour pouvoir remplacer plus vite les lances brisées.

Indépendamment de la longue lance, les chevaliers en avaient encore une plus petite, nommée *épieu*, qu'ils lançaient de loin contre l'ennemi.

34. L'*espadon* ou *glaive*, au commencement de la chevalerie, n'était pas très-grand ; dans la suite on en augmenta les dimensions, on en porta la longueur de 3 à 5 pieds, la largeur de 3 à 4 pouces, et le poids de 3 à 5 livres. Chacun fit faire son glaive à sa volonté et le régla sur la conformation de son corps et la force de son bras. Enfin ces armes devinrent si grandes qu'il fallut pour les porter employer les deux mains ; de là on les appela *épées à deux mains (Doppel-fauster)* et *flamberges*, parce que leurs lames avaient une forme ondoyante.

Le *quillon* défendait suffisamment la main (elle était couverte en outre par le gant de fer déjà décrit). le quillon, la lame et la poignée étaient réunis en forme de croix.

35. La lourdeur de ce glaive rendait nécessaire au chevalier l'emploi d'une arme plus légère, qu'on

appelait *dague, glaive de merci, miséricorde,* avec laquelle il blessait l'ennemi renversé au point d'attache de la cuirasse vers la hanche. Les écuyers et les fantassins portaient aussi une dague. Quand le chevalier n'était pas revêtu de son armure, il se servait pour défense d'une épée, que par ce motif on nommait *défense de la maison (Hauswehr),* et outre le quillon, elle avait pour garantir la main une garde et une branche.

36. Lorsque les armures furent portées à leur plus grande perfection, et que les armes offensives, indiquées plus haut, ne suffirent plus pour les détruire, les chevaliers firent usage de *marteaux*, de *massues* et de *haches,* pour étourdir ou tuer leurs adversaires. Les plus grandes de ces armes furent suspendues du côté droit au pommeau de la selle; les plus petites, au moyen d'une chaîne, au cou du chevalier.

Le *marteau d'armes* était un marteau rond, de fer ou de métal, qui souvent était muni d'une pointe recourbée, sur le côté opposé à la masse, et qui avait un manche court. On pouvait l'employer à détruire une partie de l'armure pour en trouver le défaut.

La *massue* était une espèce de masse garnie au

gros bout d'un long aiguillon de fer; elle pesait fréquemment 25 ou 30 livres; souvent on y attachait, au moyen de chaînes, une grosse boule de fer, munie de pointes.

Si la massue était munie d'une tige de 4 à 6 pieds de long, on la nommait *Morgenstern*. Telle était celle qu'on donnait de préférence au fantassin.

La hache d'armes avait un manche mince et long de 2 ou 3 pieds, auquel tenait une forte hache d'acier, taillée d'un côté en forme de croissant, de l'autre formant une longue et forte pointe ou une espèce de marteau. Cette arme était très-puissante dans l'action, et produisait de très-dangereuses blessures.

37. Les armes à main, destinées à agir au loin, étaient pour les cavaliers l'arc et l'arbalète. La première de ces armes était particulièrement d'un usage très-commun en Angleterre, et à la fin des longues guerres avec la France on l'employait encore avec beaucoup de succès. L'arc ordinaire avait 6 pieds et les flèches 3 pieds de longueur. On les tirait avec une grande justesse de 250 à 300 pas (188 à 226 mètres).

L'arbalète paraît avoir été connue d'abord en Orient par les premiers croisés. Elle se perfec-

tionna et se répandit bientôt en Allemagne, en Angleterre, en France et en Italie. Elle consistait en une pièce de bois traversée par un arc d'acier du poids de 6 à 10 livres. Une corde que l'on pouvait tendre fortement, était fixée aux deux extrémités. Cet arc se bandait au moyen d'un cabestan à main (pied de biche ou cranequin) de fer. Au-dessus du bois se trouvait un canal cylindrique ou demi-cylindrique, dans lequel on plaçait des traits de 15 pouces de longueur, des flèches et même des balles qu'on lançait avec une grande force et une justesse.

Le *balester* était une très-petite variété de l'arbalète, entièrement en fer, et qui portait sous la détente un mécanisme pour bander la corde. Ces armes de jet remplacèrent bientôt le simple arc, et elles furent en usage dans les combats, en Allemagne jusqu'au règne de l'Empereur Charles-Quint, et en Angleterre environ 100 ans plus tard encore. Pour la chasse, ces pièces d'acier obtinrent longtemps la préférence, même après l'introduction des armes à feu, soit par suite de la force de l'habitude, soit par la crainte que le bruit des armes à feu n'effarouchât le gibier.

38. Pour l'attaque des places fortes, châteaux

forts, les guerriers du moyen âge employèrent des machines analogues à celles des Grecs et des Romains, mais ils leur donnèrent d'autres noms. Les principales furent nommées *blyden (blyen, bluden)*; *marga*, *petrarn*, *gewerffen*, *maugen*, *rutten*, *ankwerk*, *etc.* Une description exacte de ces moyens de destruction manque jusqu'à présent; on sait seulement qu'en général leurs machines étaient formées d'après celles des Grecs, qui ont toujours servi de modèles, et qu'elles avaient assez de puissance pour jeter sur la place ennemie des poids de 1 quintal (50 kilogrammes), des poutres enflammées, des traits de feu, des tonneaux pleins d'ordures, des corps morts, etc., de manière à y porter l'incendie ou des maladies contagieuses.

89. Les chevaliers firent faire leurs armes à leur volonté, et toujours rivalisèrent à grands frais de soin et de luxe dans leur confection.

Pour se préparer aux combats plus sérieux, les chevaliers devaient se livrer à un exercice continuel des armes, et ils s'y vouaient avec la plus grande ardeur dès leur plus tendre jeunesse.

Dans les premiers temps de la chevalerie, le combat se livrait toujours entre plusieurs guerriers combattants de chaque côté. Il avait lieu à volonté,

soit à pied, soit à cheval, et consistait en une lutte violente au glaive ou à la massue. Ensuite vint le combat singulier, auquel on donna le nom de *buhurd*. Plus tard, les princes et les chevaliers célèbres donnèrent des tournois que précédaient des invitations solennelles et qui étaient réglés d'après des lois particulières.

Dans les tournois, on se servit d'abord de massues non garnies et de glaives émoussés, mais ensuite presque exclusivement de la lance dans le combat singulier à cheval, où le guerrier devait s'attacher simplement à faire vider les arçons à son adversaire, sans lui-même perdre les étriers. Plus il y avait de lances rompues dans un tournoi, plus était grande la gloire du vainqueur.

40. D'abord les succès des Suisses ébranlèrent la réputation des chevaliers, ensuite l'alliance des princes avec les bourgeois des villes, et enfin l'invention des armes à feu donnèrent une autre face à l'art de la guerre, tel qu'il était pratiqué au temps de la chevalerie.

Le premier armement des Suisses est présenté partout comme fort défectueux. Notamment leurs armes défensives devaient être très-imparfaites, puisque quelques soldats de cette nation, faute

de meilleures armes, fixaient à leur bras gauche et devant leur poitrine de petites planches, comme cela eut lieu au combat de *Sempach*.

Dans la guerre contre les Bourguignons, ils parurent déjà mieux défendus et mieux armés; puis, par suite des victoires qu'ils remportèrent, beaucoup d'armures tombèrent dans leurs mains, et plus tard, lorsque, modèle de l'infanterie, ils prirent du service à l'étranger, ils furent armés, comme les lansquenets soldés, d'une lance de 15 à 16 pieds de long à 3 ou 4 arêtes, qu'on appelait *Schafelin*.

En outre, ils eurent un habillement uniforme et adoptèrent les mêmes armes de défense et d'attaque que les fantassins au temps de la chevalerie.

41. Lorsque l'infanterie eut pris une supériorité marquée sur la cavalerie, la noblesse s'exerça aussi à combattre à pied, comme les Suisses et les lansquenets, et on nomma ces exercices *tournois à pied*. Plusieurs eurent lieu en Allemagne et dans les Pays-Bas, au milieu du seizième siècle; mais on remarquait la décadence complète de la chevalerie dans l'organisation militaire.

42. L'emploi des lances dans l'infanterie resta encore longtemps en usage lorsque les armes à feu

étaient déjà très-répandues ; seulement on les raccourcit insensiblement, et on donna au fer la forme d'un croissant, d'une hache ou d'un crochet pointu. Ces armes furent employées aussi bien de taille que d'estoc, on les nomma *piques, hallebardes, pertuisanes.*

A une époque plus récente, les officiers de mousquetaires et les sous-officiers adoptèrent une lance de 8 à 9 pieds, sous le nom de *hallebardes*, et les officiers d'infanterie, au moins dans quelques armées, étaient munis encore à la fin du siècle passé d'une semblable arme de choc sous le nom d'*esponton.*

POUDRE A CANON ET PREMIÈRES ARMES A FEU.

43. Déjà longtemps avant le treizième siècle, on trouve des traces d'une matière qui s'enflamme en produisant des effets puissants; mais on fixe à la fin du treizième ou au commencement du quatorzième siècle l'époque à laquelle la poudre fut inventée ou au moins connue en Europe, et dans le cours du quatorzième siècle elle fut employée aux usages de la guerre.

extérieurement de plusieurs cercles de fer. Ensuite, on les confectionna en soudant ensemble de grosses bandes de fer. On forma ainsi un cylindre qu'on enveloppa de plusieurs cercles du même métail, comme la douve d'un tonneau. Vers la fin du quatorzième siècle, la plupart des bouches à feu étaient en fonte de fer, et à Augsbourg on en avait déjà coulé en bronze.

Ces bouches à feu furent à demi engagées dans un échafaudage formé de grosses poutres, réunies en dessous par des boulons; elles y étaient fortement fixées par des chaînes et des bandes. Pour le transport, elles étaient chargées sur des voitures. Voulait-on s'en servir pour le tir, on les descendait; on faisait feu souvent en les posant à terre, et on cherchait à empêcher leur fort recul. Plus tard, on fixa les pièces sur une espèce d'affût en bois, muni en avant de deux roues massives, et on adapta en dessus un mécanisme pour pouvoir pointer la bouche à feu.

47. On se servit de préférence de ces lourdes machines pour l'attaque et la défense des places; et, dans l'espoir d'obtenir un effet de plus en plus grand, on augmenta leur dimension (1). Ces gran-

(1) Mahomet II fit faire en 1452, par des fondeurs hon-

des bouches a feu étaient non-seulement très-difficiles à mouvoir et à transporter, mais elles consommaient des charges de poudre si fortes qu'elles se brisaient promptement, et détruisaient les moyens de défense et les murailles des assiégés qui les employaient.

Néanmoins elles donnèrent souvent des résultats avantageux, moins par leurs atteintes et leurs effets directs que parce qu'elles agissaient fortement sur le moral de l'ennemi par les torrents de feu qu'elles lançaient, par le bruit et la fumée.

48. Déjà au commencement du quinzième siècle, on se servit de boulets de fer, et on coula de longues bouches à feu qu'on appela *canons*. On y pratiqua intérieurement une chambre cylindrique ou conique pour la charge de poudre. Elles avaient

grois la plus grande pièce. Elle lançait des pierres de 1200 livres, avait 27 pouces de calibre, était mise en mouvement par 2,000 hommes et 70 paires de bœufs. Il fallut deux mois pour lui faire franchir la distance de 36 lieues d'Andrinople à Constantinople. Là elle ne fit feu que sept fois par jour. Il fallait deux heures pour la charger. Elle éclata après quelques jours de service.

En France, en 1478, on coula une pièce de bronze destinée à lancer des projectiles de fer et de pierre. Elle reçut une charge de 332 livres, lança des pierres de 500 livres à 2,700 toises (6,750 pas, 5,096 mètres). (*Note de l'auteur.*)

un tir plus juste que les bombardes, et ressemblaient beaucoup extérieurement aux canons employés de nos jours.

Vers la fin de ce même siècle, on reconnut l'inutilité des bouches à feu trop grandes; on songea à en couler de plus petites de dimension convenable. On les monta sur des affûts munis de roues avec avant-train, et on employa les plus légers sur les champs de bataille (1).

49. Les premières petites armes à feu furent en usage au milieu du quatorzième siècle, et furent nommés *canons à feu de main, canons au poing, bombardelles.*

Elles consistaient en un fort canon de fer, du poids de 15 à 50 livres, dont on se servait à deux mains, que l'on plaçait sur un affût, et auquel on mettait le feu avec une mèche ou avec de l'ama-

(1) Charles VIII de France, dans son expédition d'Italie en 1494, dut avoir plus de 100 canons montés sur des roues, et traînés par des chevaux. Les plus grands avaient le calibre de la tête d'un homme, les suivants étaient plus longs et s'appelaient *couleuvrines;* les plus faibles, dont le calibre était celui d'une grenade, *faucons*. Les affuts avaient deux flasques et on les séparait de l'avant-train pour faire feu. Les plus petits n'avaient que deux roues, une limonière, et étaient destinés à suivre principalement la cavalerie.

(Note de l'auteur.)

dou. Richard Brooke, célèbre antiquaire, nous apprend que l'usage des armes à feu était assez commun en Angleterre pendant le quatorzième siècle, que les canons étaient plus employés que les armes portatives, et que le tir de l'arc jouait encore un grand rôle dans toutes les batailles.

Parmi ces petites armes à feu, on en distingue une autre espèce qui pouvait se charger par derrière, et auxquelles on donnait le nom de *keilstucke* (pl. I, fig. 8). La bouche à feu (*a*) était fixée sur un trépied de bois à roulettes. En arrière se trouvait une boîte mobile (*b*), munie d'un canal de lumière et destinée à recevoir la charge de poudre. On la poussait derrière le projectile introduit dans le canon, et on la serrait au moyen d'un *coin de fer* (*c*), ou d'un crochet (*d*) fixé en (*f*), au canon.

Dans les autres pièces de ce genre, on remplaça le coin par une vis, mais on ne put parvenir à fixer assez solidement et d'une manière durable la boîte au canon. La fermeture n'avait pas lieu hermétiquement. On renonça à ces pièces.

50. Pour mieux diriger ces armes à feu, on adapta près de leur centre de gravité des tourillons, au moyen desquels, en les appuyant sur une

fourche, on pointait, soit dans le sens vertical, soit dans le sens horizontal.

Le canon se terminait par une anse que la main gauche saisissait pendant que la droite, avec une mèche, donnait le feu à la lumière.

Ces canons à main avaient souvent sept pieds de longueur, projetaient des balles de plomb de seize loths (0,280 grammes), et s'appelaient *arquebuses*. Elles produisirent souvent sur le champ de bataille, dans l'attaque comme dans la défense, d'importants résultats.

51. Les canons de fer présentant assez de résistance on chercha de plus en plus à alléger ces arquebuses ; on disposa le canon proprement dit dans un bois, et on fit feu en l'appuyant à l'épaule. On mit encore le feu avec la main droite, à l'aide d'une mèche. On plaça de côté un canal de lumière, et auprès un bassinet pour verser la poudre. Celui-ci portait un recouvrement destiné à prévenir le danger d'une inflammation fortuite.

Quoiqu'elles ne dussent lancer que d'assez petits projectiles, elles ne pouvaient être tirées sans appui. On plantait, à cet effet, en terre, des espèces de fourchettes sur lesquelles on les appuyait.

Les armes plus grandes et plus lourdes étaient munies en dessous d'un espèce de crochet (A), (pl. I, fig. 11) qu'on plaçait contre un mur ou autre point d'appui pendant le feu, pour diminuer la violence du recul; ces armes à feu s'appelaient *arquebuses à croc*.

52. Peu de temps après l'invention des arquebuses à croc, Gaspard Zollner, de Vienne, imagina qu'il serait possible de charger les armes avec des projectiles d'un diamètre très-peu différent du calibre, sans qu'ils fussent arrêtés par la résistance de l'air ou par le frottement. Il pratiqua sur toute la longueur des parois intérieures de l'arme de faibles enfoncements appelés *rayures*, destinés à rendre le tir plus exact. Les rayures furent tracées parallèlement entre elles dans l'intérieur de l'âme, tantôt en ligne droite, tantôt en spirale; cette espèce d'arme ne pouvant se charger que lentement, les tireurs à la cible s'en servirent de préférence, mais plus rarement les chasseurs. En 1498, on se servit, à Leipsick, dans un *tir à la cible*, de semblables armes, munies de rayures; dès lors l'attention fut appelée aussi bien sur la forme que sur le nombre des rayures, mais on

était si peu fixé à cet égard que chaque armurier avait un système différent pour les disposer.

53. Sous Charles-Quint, les Espagnols se servaient de longues armes à feu, qui tiraient des balles de plomb du poids de quatre loths (0,070 gr.); mais, à cause de leur lourdeur, elles ne pouvaient être tirées qu'appuyées sur des fourchettes, et s'appelaient *mousquets*.

Ces armes furent allégées et rapetissées peu à peu; il est vrai qu'on ne tira plus avec elles que des balles de 18 à 22 à la livre. C'est ainsi que s'est formé le type usité de nos jours dans nos fusils d'infanterie. Quelques-unes de ces armes de plus grande dimension, tirant des balles de 10 à 14 à la livre, furent conservées sous le nom de *fusil de rempart*, pour la défense des places.

54. L'usage des armes à feu augmenta notablement, lorsqu'à la fin du quatorzième siècle on eut découvert le *serpentin*. Jusque-là c'était une opération difficile que de coucher en joue les armes portatives, de viser et d'y mettre le feu tout à la fois.

Le serpentin (pl. I, fig. 9) consistait en un levier (*a*) de fer courbe, qui se divisait dans le haut en deux parties entre lesquelles un morceau de mèche enflammée (*b*) ou d'amadou était fixé par une vis.

l'humidité et la poussière en lui donnant un recouvrement qui se retirait de lui-même lorsqu'on bandait la roue. Pour garantir ces platines d'un départ involontaire, on les munit souvent d'un appareil de sûreté (*g*).

La manœuvre de la platine à rouet exigeait beaucoup d'adresse et de soin pour ne pas déranger le mécanisme, et le montage de la roue seulement étant long, on ne pouvait penser à faire feu rapidement.

56. Presque à la même époque, on avait inventé, en Espagne, la *platine de Miquelet*, nommée aussi *platine espagnole* (*schnapphanschloss*).

Elle présentait (pl. I, fig. 12), en dehors du *corps* de platine, un ressort (*a*) qui pressait à l'*extrémité* (*b*) de sa branche mobile, sur un bras du chien (*c*); l'autre bras (*d*) de cette pièce, lorsqu'on mettait le chien au bandé, appuyait contre une broche (*e*) sortant de l'intérieur et traversant le corps de platine. On retirait cette broche, et le ressort poussait le chien qui n'était plus retenu et la pierre sur un plan d'acier cannelé, qui faisait corps avec le couvercle du bassinet. Le choc de la pierre sur le plan d'acier produisait le feu.

Au commencement, le recouvrement du bassinet

ne tenait pas à l'arme; on l'y fixait par un espèce d'étrier. Plus tard, on adapta une deuxième broche à la platine pour pouvoir la mettre aussi au repos.

La manœuvre de cette arme, aussi bien que celle de la platine à rouet nécessitait une certaine force de l'index dans le tir, et souvent l'arme était déviée de la direction qu'on se proposait de lui donner. On découvrit, en 1573, un appareil à aiguille qui facilitait le tir; la description en suivra plus tard, parce que ce système a été employé dans les nouvelles armes de guerre et récemment appliqué aux armes rayées.

57. Avant la fin du quinzième siècle, l'emploi des armes à feu devint si général que la cavalerie commença aussi à s'en servir.

La plus grande des armes dont ce corps faisait usage s'appelait *pétrinal*. C'était une espèce de courte arquebuse qui lançait de grosses balles de plomb, et dont la crosse, très-recourbée, s'appuyait à la partie inférieure de la cuirasse ou au pommeau de la selle, pour rendre le recul moins incommode; mais alors, l'œil n'étant pas dirigé suivant la ligne de mire, on ne pouvait atteindre que

les objets très-rapprochés. Elle était suspendue à l'épaule par une courroie.

Les Espagnols allongèrent cette arme jusqu'à trois pieds et demi et la nommèrent *carabine*. Quelques compagnies de cavalerie ainsi armées rendirent de bons services au duc d'Albe dans son expédition des Pays-Bas. Ces carabines servaient de modèle, lorsqu'on eut la première idée d'après laquelle les armes ont été successivement amenées à l'état où elles sont maintenant.

58. Les armes à feu courtes formèrent les pistolets, qui reçurent ce nom, pour la première fois, vers le milieu du seizième siècle. On croit qu'ils ont tiré leur origine de cinq cents armes d'une palme de longueur confectionnées, en 1364, à Pistoja, pour la ville de Pérouse. Leur balle avait assez de force d'impulsion pour percer une des armures usitées alors. Cependant cette origine n'est pas bien certaine.

En général, les premiers pistolets furent assez longs (il y a des pistolets de 20 à 25 pouces de long, qui remontent à l'année 1547). Leur poignée, un peu abaissée, se termina la plupart du temps par une espèce de boule (pl. I, fig. 10), et peu à peu prit la forme du pistolet usité aujour-

d'hui. Les lansquenets portaient des pistolets comme les cavaliers, mais les armes destinées à ces derniers étaient munies de platines à rouet ou de platines de Miquelet; car il fut reconnu que l'emploi des platines à mèche, dont l'infanterie se servait presque exclusivement, offrait beaucoup de difficulté à cheval.

Les cavaliers allemands employaient, en 1607, des pistolets à deux coups; mais on les remplaçait en 1620, par de grands pistolets à un coup.

59. Jusqu'à la fin du seizième siècle, les armes portatives se chargèrent de la manière suivante : la poudre destinée à la charge était tirée d'une boîte à charge et versée dans le canon à l'aide d'une mesure; la balle était enfoncée sur la poudre avec une baguette en bois, et enfin l'amorce, tirée de la boîte à charge, était versée dans le bassinet. A la fin du même siècle, on réunit la charge de poudre à la balle de plomb; on donna à ce système le nom de *cartouche* et on les enfonça simultanément, l'amorce seule fut tirée de la boîte à charge. En 1630, les Suédois portèrent les premières *gibernes*.

60. Cependant les progrès des petites armes à feu marchèrent de front avec ceux du canon, dont la

fabrication et l'emploi se perfectionnaient aussi. La création d'une école d'artillerie à Venise, au commencement du seizième siècle, et un peu plus tard, à Burgos et en Sicile, y contribua efficacement. Mais l'ignorance, la superstition, le mystère pesaient alors sur l'artillerie et particulièrement sur l'art de fondre les canons.

Pour établir une proportion exacte entre la longueur, l'épaisseur du canon et le diamètre du projectile, Charles-Quint fit faire à Bruxelles, en 1521. des essais qui démontrèrent que la longueur de 17 à 18 diamètres de boulet était en rapport convenable avec la charge de poudre employée. D'après cette donnée, il fit couler à Malaga des canons qu'on appela les Douze Apôtres, et qui, *quoiqu'ils* lançassent des boulets de 45 livres, servirent longtemps de modèle à toutes les artilleries européennes.

On commença à distinguer les canons de campagne de ceux de siége et de place, et ceux-ci, des mortiers qui ne lancèrent plus seulement des pierres, mais aussi des projectiles creux appelés bombes. Cependant le nombre des diverses espèces de canons était trop grand encore (quelques États en avait jusqu'à 15 ou 20) pour qu'on pût obtenir

des résultats décisifs de l'emploi et du concours de l'artillerie.

Vainement chercha-t-on, vers le milieu du seizième siècle, à réduire leur nombre à six ou huit espèces différentes. Les modèles de canons existants étaient trop nombreux pour qu'une réforme radicale ne dût pas occasionner une dépense devant laquelle on recula. Cette réforme ne se fit que lentement, et, longtemps après la guerre de Trente ans, on employait encore des couleuvrines, souvent longues de 40 à 60 diamètres du boulet et plus. Elles donnaient, il est vrai, une grande portée, mais d'ailleurs n'étaient nullement en rapport avec l'espèce de poudre employée alors.

61. Le roi de Suède, Gustave-Adolphe, en 1631, allégea ses pièces autant que possible, les chargea avec plusieurs petits boulets réunis, et en tira un habile parti dans toutes ses campagnes. Il alla pourtant trop loin, en vue de leur allégement; car ses canons, nommés *canons de cuir*, s'échauffaient tellement après un tir de 10 à 12 coups à faible charge, qu'il fallait les rafraîchir.

Ces canons de cuir consistaient en un tube de cuivre long de 15 calibres de boulet et épais de un huitième de calibre, fermé en arrière par un tire-

fond à six faces fortement vissé. A l'emplacement de la charge, la résistance du tube était augmentée par des cercles de fer; dans sa lougueur, il était enduit de mastic et entouré de couches épaisses de corde et de toile; il était muni sur les côtés, près du centre de gravité, de tourillons de fer; enfin, le tout était égalisé avec du plâtre et recouvert de cuir. Pour servir de canal de lumière, on vissait un tube de fer.

Ces canons étaient montés sur des affûts si légers, que deux hommes suffisaient à la manœuvre de la pièce.

62. Pendant la guerre de trente ans, les carabines rayées furent employées avec succès sur le champ de bataille, et l'usage en devint général. Le landgrave Wilhelm de Hesse arma, en 1631, trois compagnies de chasseurs avec des armes de cette espèce; Maximilien de Bavière en introduisit, en 1645, dans son armée. En Autriche et en Prusse, on en arma les troupes légères dans la guerre de Silésie.

63. Bientôt après la guerre de Trente ans, la platine à silex s'introduisit en France, et on commença à désigner les anciens mousquets sous le nom de *fusils*.

La platine à silex provient, selon toute apparence, d'une heureuse combinaison du mécanisme de la platine à rouet avec celui de la platine espagnole, car elle a emprunté à la dernière ses pièces extérieures, et à la première ses principales pièces intérieures.

Malgré la simplicité de la platine à silex, on renonça cependant à regret à la platine à mèche, et Vauban en proposa une qui réunissait les deux modes d'inflammation; mais les rapides perfectionnements de la platine à silex firent abandonner bientôt ce double mécanisme.

Le mécanisme particulier à la platine à silex, qui aujourd'hui encore est resté en usage même dans quelques armées européennes, est disposé en général de la manière suivante. Une pierre à feu est adaptée à la partie supérieure d'un levier fixé par en bas. Ce levier recevant un mouvement de bascule, la pierre vient frapper un plan d'acier et produit des étincelles qui tombent dans une espèce de réservoir rempli de poudre appelé *bassinet;* la poudre s'enflamme, et, par un canal de communication, met le feu à la charge. Une description plus détaillée des différentes pièces de la platine à silex sera donnée plus tard.

64. Presque à l'époque de cette invention, on commença à faire usage de la baïonnette, ainsi nommée, parce qu'elle fut découverte à Bayonne en 1640, et les fusils, qui n'avaient été employés jusqu'alors que comme armes de jet, devinrent aussi armes de choc. Elle consistait d'abord en une petite pique qu'on enfonçait dans le canon, ce qui empêchait momentanément de se servir du fusil comme d'arme de jet ; trente à cinquante ans plus tard, la baïonnette fut fixée au canon comme nous la voyons presque partout aujourd'hui.

65. Les baguettes de bois dont on s'était servi jusqu'alors présentaient trop de fragilité et leur rupture inopinée enlevait aux soldats les moyens de prendre une part efficace au combat. On adopta les baguettes de fer en 1730 sous Frédéric Guillaume Ier de Prusse, et sur la proposition du général Léopold de Dessau, les Autrichiens employèrent ce perfectionnement sur les champs de bataille de Molwitz et de Czaslan, et les autres armées européennes suivirent cet exemple.

Les baguettes de fer précédentes avaient comme celles de bois la forme conique et devaient être retournées pour effectuer la charge. Dans le but d'en faciliter le maniement, le prince de Brunswick

introduisit en 1774, en Prusse, des baguettes cylindriques, et l'Autriche en 1782 adopta ce perfectionnement.

66. Après la guerre de trente ans, il s'écoula plus d'un siècle sans qu'on eût fait dans les bouches à feu aucune réforme importante. En France, on fit insensiblement refondre toutes les pièces et on conserva seulement cinq espèces de canons et deux de mortiers. Le roi Frédéric II allégea ses pièces et chercha à introduire un mode de division rationnel entre l'artillerie de siége et de place, et celle de campagne.

Cet exemple fût suivi par l'Autriche dans la première guerre de Silésie ; cette puissance apporta dans la confection de son matériel des conditions de légèreté, de simplicité et de régularité, telles qu'il l'emporta sur tous ses modèles et put jusqu'aux dernières guerres suffire sans changement à tous les perfectionnements de la tactique.

Vers la fin du siècle passé, Gribeauval prenant modèle sur les pièces autrichiennes et prussiennes, parvint, non sans une lutte opiniâtre avec les officiers de son corps, à introduire une transformation complète qui allégea sensiblement les bouches à feu françaises. En même temps, il construisit pour

les diverses pièces des affûts dont les perfectionnements furent en rapport avec ceux des bouches à feu et qui furent pris pour modèles par toutes les armées européennes.

67. Tel était, en général, l'état de l'armement, lorsque éclatèrent les guerres de la révolution française. Mais comme l'esprit d'invention n'est jamais inactif, des efforts bien dirigés, soit pendant cette période, soit dans les suivantes, conduisirent à d'importantes améliorations dans la fabrication des armes.

CHANGEMENTS RÉCENTS DANS L'ARMEMENT.

68. Les principaux changements de l'armement proviennent incontestablement de la découverte de la poudre fulminante, à la fin du siècle passé. Déjà, en 1807, on commença à s'en servir, dans les fusils de chasse et de luxe, comme d'un moyen d'inflammation plus sûr, et depuis trente ans on a tellement amélioré les mécanismes destinés pour l'emploi de cette poudre, qu'on a pu les adapter aux fusils de la plupart des États européens; de plus, on s'est occupé sérieusement presque partout d'étendre ce mode d'inflammation aux canons dans lesquels

jusqu'à présent, au moins dans les pièces de campagne, on a toujours mis le feu à la main.

69. Plus tard, l'artillerie trouva dans les fusée de guerre un nouveau et puissant moyen de destruction. L'emploi des fusées remonte, sinon à une époque antérieure à l'invention de la poudre, au moins à la même époque §. 2. Elles furent employées à la guerre; mais les artificiers se les approprièrent pour les feux de joie, dont elles forment aujourd'hui les principaux éléments.

A la fin du siècle dernier, les Anglais reconnurent à Seringapatam la puissance de ces fusées. Congrève les perfectionna, en fit l'essai sur terre et sur mer en 1805, et elles furent adoptées en Angleterre. Les autres États ayant pu apprécier leur efficacité, les adoptèrent également.

70. Le même Congrève, en 1807, fit abandonner le système d'affût à flasques jusque-là en usage, et introduisit en Angleterre des affûts à flèche avec lesquels on obtenait une grande simplification dans les trains et dans l'attelage.

Plusieurs États ont imité ces affûts à flèche, d'autres se sont occupés de perfectionner leurs anciens affûts à flasques, de manière à leur procurer les avantages des premiers.

71. En France, on abandonna les armes rayées pendant les guerres de la révolution, à cause de la difficulté de leur chargement; cependant, comme on reconnaissait les avantages de ces armes, on a cherché à les construire, en évitant les inconvénients ci-dessus signalés. En 1827, Delvigne, lieutenant d'infanterie, imagina une carabine, dont la culasse contenait une étroite chambre cylindrique destinée à recevoir la charge de poudre; il en résultait dans l'intérieur du canon un ressaut contre lequel venait appuyer la balle. Parvenue dans cette position, elle était aplatie par 2 ou 3 forts coups de baguette et se trouvait par suite forcée dans les rayures.

Les balles perdaient à la vérité leur forme primitive, mais il n'y avait pas lieu de s'en préoccuper, attendu que dans les carabines des autres États ou la balle est aplatie à l'aide d'un marteau et prend une forme cylindrique, la charge de poudre est en outre réduite en partie en pulvérin; ici ce dernier inconvénient n'était plus à craindre, parce qu'il existait entre la charge et la balle un vide qui favorisait d'ailleurs la complète inflammation de la poudre. Ces armes avaient une justesse de tir plus grande, mais moins de portée que le fusil ordinaire. Le même officier français fut amené à substituer

aux balles en usage d'autres balles de plomb cylindro-coniques, lesquelles par le choc de la baguette ne se déformaient pas d'une manière aussi préjudiciable, et qui, suivant les rayures, présentaient toujours en avant le sommet du cône et par suite surmontaient plus facilement la résistance de l'air.

Cette simple découverte stimula le génie d'invention, non-seulement en France mais dans tous les États d'Europe et produisit de nouvelles armes à feu rayées, qui, petit à petit, doivent remplacer les armes à canon lisse.

72. Presqu'à l'époque de cette invention et de ses perfectionnements successifs, on a cherché en France à construire des armes susceptibles d'être chargées par la culasse, mais tous les systèmes de ce genre ont été abandonnés successivement; ce mode de chargement avait été adopté seulement dans le fusil de rempart modèle 1831 ; mais on a renoncé à cette arme.

Cependant un allemand, nommé Dreyse, a construit en 1835 *un fusil à aiguille* (se chargeant par la culasse), dont on a été si satisfait en Prusse, qu'après l'avoir mis en essai dans quelques divisions, on l'a adopté dans toute l'armée prussienne.

73. Indépendamment de ces améliorations, on

voulut même introduire dans les armes de jet une nouvelle force motrice. L'Autriche, dans la première campagne des guerres de la révolution, arma des chasseurs avec des *arquebuses à vent* qui lancent leurs projectiles sans bruit ni fumée avec la même force qu'en employant une charge égale au demi-poids de la balle. Dans ce tir, l'air est comprimé autant que possible, mais cette compression dans le réservoir est difficile et offre quelque danger. Ces armes ne sont plus destinées en Autriche qu'à la défense des places. L'arquebuse à vent était découverte dès le quinzième siècle, elle ne se répandit que dans le dix-septième. L'arme autrichienne mentionnée ci-dessus n'a pas été adoptée par les autres armées européennes.

74. Les canons à vapeur, de Perkins, furent annoncés avec emphase comme un moyen de guerre très-puissant et destiné à remplacer les pièces en usage; en 1829, des épreuves faites à Vincennes démontrèrent que ces armes avaient un tir incertain, que leur portée diminuait progressivement, et que les machines nécessaires pour lancer un boulet de 4 livres en pesaient 40,000.

75. En 1846 Schonbein et Vottger ont découvert qu'en traitant les parties fibreuses d'un végétal par

un mélange de salpêtre et d'acide sulfurique, il en résultait des produits explosifs de nature à remplacer la poudre. Le coton bien purifié acquiert particulièrement cette propriété plus que toute autre substance; il suffit de le plonger dans un acide, de le laver et de le sécher; on obtient ainsi un produit appelé ***pyroxile***.

Les premiers essais en grand ont eu lieu à Mayence en 1848; ils ont été continués récemment à Vienne, mais les résultats n'en sont pas bien connus.

76. Aujourd'hui, des moyens rapides de communication sont établis entre les États européens, et toute nouvelle invention qui vient à surgir est renvoyée à l'examen de commissions de militaires consommés dans la sience de la guerre. Ils repoussent les projets chimériques, mais aussi ils font triompher les perfectionnements de l'armement, des obstacles que leur opposent quelquefois la routine ou la prévention.

(Les planches se trouveront à la fin de l'ouvrage.)

NOTICE HISTORIQUE

SUR L'ARTILLERIE

ET SUBSIDIAIREMENT SUR L'ARMÉE FRANÇAISE,

(Par le Traducteur).

Le nom d'artillerie était affecté autrefois aux machines anciennes de guerre, comme il l'est aujourd'hui aux modernes. Le corps de l'artillerie existait en France même avant l'invention de la poudre ; il était chargé déjà des attributions dont il est investi maintenant ; c'est-à-dire, de la construction, de la conservation, de la conduite et de l'emploi des machines de guerre.

On n'est pas bien d'accord sur l'époque où parurent les premières bouches à feu. Il y a lieu de croire cependant qu'elles ont été mises en usage dans les sièges au commencement du XIVe siècle. Les premières furent des machines grossières, très-difficiles à transporter et à manœuvrer. Le peu de mobilité et la lenteur de l'exécution des bouches à

feu arrêtèrent longtemps l'essor de l'artillerie de campagne ; cependant, les équipages de siége prenaient déjà un développement considérable du de temps Charles VII (1422 à 1461) et sous la direction des frères Jean et Gaspard Bureau, maîtres généraux de l'artillerie. A l'époque des règnes de Louis XI et de Charles le Téméraire (1461 à 1483), on vit s'effectuer des progrès notables dans l'artillerie de campagne en France et en Bourgogne. Sous Louis XI, on fondit 12 pièces du calibre de 45, devenues célèbres sous le nom des douze pairs de France. C'est vers la fin de ce règne qu'on doit faire remonter l'invention des affûts montés sur des roues. Charles VIII conduisit dans son expédition d'Italie (1495) un grand nombre de canons montés sur des affûts, attelés avec des chevaux et susceptibles de suivre les mouvements de l'armée à travers les Alpes et les Apennins, tandis que les bouches à feu des Italiens étaient traînées par des bœufs. Au lieu de boulets en pierre, usités précédemment, l'artillerie française employait des boulets en fonte d'un calibre beaucoup moindre.

L'armée comprenait un train d'artillerie composé de 6,200 artilleurs, 2,400 charpentiers, 4,000 charretiers, 8,000 chevaux, 1,000 à 1,200 pièces de

campagne trainées sur deux roues ou portées à bras, 36 gros canons de bronze et 100 canons de fonte, transportés par mer.

François 1er (1515 à 1547) institua la charge de grand maître de l'artillerie et lui donna le commandement de tous les gens de pied et la direction de tous les travaux militaires, tant pour les siéges que pour les marches et campements. Il organisa les fonderies et les poudreries.

Son artillerie, dirigée habilement par Galiot de Genouillac, contribua efficacement au succès de la bataille de Marignan (13-14 septembre 1515). A Pavie, au contraire (25 février 1525), François Ier paralysa son artillerie en sortant de son camp pour charger l'armée ennemie, et cette manœuvre imprudente entraina la perte de la bataille.

Pendant la période des guerres de religion, l'artillerie fit peu de progrès ; cependant, en 1574, l'édit de Blois réduisit les 17 calibres existant à 6, savoir : le canon de brèche, lançant un projectile de 33 kilogrammes 1/2, les couleuvrines, grandes, bâtardes, moyennes, le faucon et le fauconneau, dont les poids des projectiles allaient en diminuant successivement de 10 kilogr. à 3/4 de kilo.

A la fin du seizième siècle, les bouches à feu se chargeaient encore au moyen de la lanterne. Les boulets et la poudre étaient transportés dans des tonneaux particuliers, à la suite des bouches à feu. On introduisait du pulvérin dans la lumière ; on pointait avec des coins en bois assujétis à l'affût par des chaînettes.

En 1599, Henri IV, libre des soucis de la guerre, éleva Sully à la dignité de grand maître. Pendant les onze années que cet habile administrateur remplit ces fonctions, les magasins s'approvisionnèrent en bouches à feu, affûts, boulets, poudre, etc. Il perfectionna les artifices de guerre, introduisit l'usage des boîtes à balle de plomb et de la cartouche à poudre pour les canons.

Vers 1630, Gustave-Adolphe, mettant à profit les travaux de Sully, perfectionna l'artillerie suédoise et s'attacha à l'alléger. Son infanterie transporta avec elle des canons de 4, très-légers, connus sous le nom de *canons de cuir bouilli*. La mobilité de ces armes contribua au gain de la bataille de Leipsick (1631). On remarqua qu'elles s'échauffaient très-rapidement et que par suite les charges s'y enflammaient spontanément ; elles avaient d'ailleurs une faible portée, parce qu'on ne

pouvait les tirer qu'au quart du poids du boulet : ces motifs déterminèrent Gustave-Adolphe à les remplacer par des canons en fer.

De 1674 à 1693, les mortiers à la Coëhorn, à la Comminge et à grenade s'introduisirent dans les armées.

En 1650, on inventa la vis de pointage; en 1697, les fusées d'amorce en fer-blanc destinées à remplacer la poudre d'amorce.

Après la guerre de 30 ans, il s'écoula près d'un siècle sans qu'on eût fait dans les bouches à feu aucune réforme importante. On avait été amené généralement à les distinguer en pièces de batterie (c'est-à-dire de siége et de place) et pièces de campagne. Le nombre des calibres avait été augmenté, et on en comptait dix différents (canons, demi-canons, quart de canons ou bâtardes, moyennes, faucons et fauconneaux, pièces de 8 et 4 courtes, etc.)

La multiplicité de ces calibres était une cause de désordre. M. de Vallière, lieutenant-général d'artillerie, y porta remède en 1732. Il régularisa le système et s'attacha à y apporter une simplicité et une uniformité qui n'existaient pas auparavant. Les canons furent réduits à cinq espèces, ayant respectivement les calibres de 24, 16, 12, 8 et 4; les

mortiers, aux deux calibres de 12 pouces et de 8 pouces 3 lignes; enfin il y eut un seul modèle de pierrier, du calibre de 15 pouces.

En 1740, la charge, qui était précédemment des 2/3 du poids du boulet, fut réduite au 1/3, mais seulement pour les canons de 24, 16, 12.

L'attention de Vallière se porta presque exclusivement sur les bouches à feu. Il ne s'occupa point d'apporter la même régularité dans les affûts. Les pièces étaient trainées à bras d'hommes sur le champ de bataille. Le chargement était effectué à la lanterne. Ce fut après 1740 que la gargousse devint d'un emploi général et qu'elle a été réunie au boulet, de manière à former la cartouche dont nous nous servons aujourd'hui.

Sous le règne de Louis XIV, l'artillerie française joua un rôle peu important dans les batailles; mais à la bataille de Malplaquet (11 septembre 1709), sous la direction du prince Eugène, l'artillerie ennemie se mut avec intelligence et habileté. Sous le règne de Louis XV, à Fontenoy, (11 mai 1745), à Raucoux (11 octobre, même année), l'artillerie contribua puissamment aux succès. La proportion de cette arme dans les armées s'augmenta.

Après l'établissement du système Vallière, l'artillerie française resta momentanément stationnaire; cependant en Prusse le génie du grand Frédéric lui donnait une forte impulsion. Il sépara l'artillerie de siége de l'artillerie de campagne, et forma avec cette dernière des batteries qui la rendirent plus indépendante et plus mobile.

De 1742 à 1747, il fit couler un grand nombre de pièces légères et courtes; il revint ensuite à des bouches à feu plus longues et plus pesantes.

Il créa en 1759 l'artillerie à cheval pour suivre les mouvements de la cavalerie.

La guerre de 7 ans est une des époques où l'emploi de l'artillerie, sous la direction de Frédéric, est le plus remarquable.

Les succès qu'il avait obtenus déterminèrent l'Autriche à l'imiter. Vers 1753, elle adopta un système complet d'artillerie qui n'admettait que quatre espèces de bouches à feu, toutes très-légères et très-maniables.

La France continuait à se servir du matériel (système de 1732); on y avait ajouté des pièces régimentaires du calibre de 4. L'artillerie s'était augmentée très-considérablement dans les armées; on en faisait usage par batteries mobiles, tandis

que précédemment elles étaient toujours aux ailes et au centre.

Les changements dans le matériel de l'artillerie ont réagi naturellement sur le personnel de cette arme. On peut ajouter qu'ils ont exercé une influence décisive sur l'organisation des armées et sur la manière de combattre. Pour s'en rendre compte, il est nécessaire de se reporter aux pre-temps de la monarchie et d'examiner les progrès successifs de notre état militaire.

On attribue à Charles VII (1422 à 1461) les institutions fondamentales des armées françaises. Il forma 15 compagnies d'ordonnance, composées chacune de 100 lances ou hommes d'armes, ayant chacun sous ses ordres 5 chevau-légers, savoir: trois archers, un coutiller et un page. Il obtint ainsi une force permanente de 9,000 cavaliers ayant 21,000 chevaux. Chaque compagnie eut pour officiers un capitaine, un guidon et un enseigne.

Il créa également les francs-archers, armés de la hallebarde et de l'arc. Cette troupe d'infanterie peut être regardée comme un renouvellement de la milice communale créée par Louis le Gros et comme un développement donné à la corporation des arbalétriers, qui sont Philippe-Auguste prit

une part glorieuse à la victoire de Bouvines (21 août 1214).

Les francs-archers furent réorganisés par Louis XI, après la bataille de Conflans (1469), presque anéantis à la bataille de Guinegate (7 août 1479) et licenciés à la fin de la même année. En 1480, Louis XI leva 6,000 Suisses exercés à se former en bataillons carrés de huit hommes de profondeur, portant au premier rang des arquebuses, au second des hallebardes à larges lames, et ensuite des piques débordant le front, et dont les dernières n'avaient pas moins de 18 pieds.

Cette infanterie étrangère servit de modèle à une première infanterie française régulière et permanente, qui prit le nom de *bandes de Picardie.*

Louis XII (1498 à 1515), après sa rupture avec les Suisses, forma en 1507 les bandes de Piémont; il organisa toute l'infanterie par bandes de un millier d'hommes commandés par un capitaine ayant sous ses ordres un lieutenant, un enseigne, des sergents, des caporaux.

L'effectif de la bande fut variable. François I[er] remplaça les bandes par 7 légions de 6,000 hommes chacune. Sur 42,000 légionnaires, 12,000 durent

être armés d'arquebuses, le reste de piques et de hallebardes.

Chaque légion fut divisée en 6 compagnies de 1,000 hommes, commandées par un capitaine, deux lieutenants, deux enseignes et dix centeniers. La légion fut sous les ordres d'un colonel, et l'on institua pour tout le corps un colonel-général de l'infanterie. Cette organisation n'ayant pas réussi, on en revint aux bandes.

La gendarmerie éprouva quelques légères modifications. La lance fut portée de 6 à 8 hommes et les compagnies furent réduites de 50 à 60 lances. On y adjoignit quelques corps de cavalerie légère, connus sous le nom d'albanais, d'argoulets, de carabins.

C'est à cette époque que l'on substitua, pour la défense des places, le bastion à la tour et qu'on abaissa la maçonnerie au niveau du sol. Vers 1588, on mit pour la première fois en usage les bombes en Hollande.

Dans les premiers temps, le canon était servi par des maîtres canonniers formés en compagnies pendant la guerre et licenciés à la paix. Il existait pour les commander un corps d'officiers subordonnés au grand maître et tenant de lui leur commission.

La garde de l'artillerie était confiée aux corps d'élite : aux Suisses d'abord sous Charles VIII, aux lansquenets (infanterie mercenaire formée en Allemagne) sous Louis XII; enfin sous François Ier, après la bataille de Marignan, de nouveau aux Suisses.

L'infanterie, armée de piques, d'arquebuses et d'épées, se formait en masses profondes sur une hauteur de six à dix rangs. Les piquiers se plaçaient au centre, les arquebusiers aux deux extrémités. La gendarmerie, organisée en compagnies, commençait à agir avec ensemble et à substituer l'effort collectif à l'effort individuel des chevaliers.

Vers le milieu du seizième siècle, on vit paraître en France une nouvelle espèces de cavalerie mercenaire, formée en Allemagne sous le nom de reîtres. Ils marchaient sur 30 de front et 15 ou 16 de profondeur.

En 1561 on forma pour la première fois trois régiments. En 1610, à la mort de Henri IV, il existait treize régiments d'infanterie. On remarquait, dans le nombre, le régiment des gardes françaises dont l'origine remonte à Catherine de Médicis, quatre régiments dits *vieux* dans lesquels on avait fondu les anciennes bandes, savoir : régi-

ments de Picardie, de Champagne, de Navarre, de Piémont. Ces treize régiments présentaient ensemble un effectif de 50,000 hommes de pied.

Cependant les armées se transformaient; on abandonnait l'arquebuse pour le mousquet.

Les anciennes armures tombaient. Dans l'armée de Gustave, les deux tiers des soldats étaient armés de mousquets à mèches, l'autre tiers de piques de 11 pieds. La cavalerie avait une carabine, deux pistolets et une épée longue et forte. L'infanterie se rangeait sur six rangs, la cavalerie sur quatre.

En 1635, Richelieu, au moment de prendre parti dans la guerre de 30 ans, porta à dix-neuf le nombre des régiments d'infanterie entretenus. Parmi eux figuraient ceux mentionnnés plus haut et de plus les gardes suisses et écossaises.

La cavalerie perdait la lance, on l'armait du pistolet et du sabre; on l'enrégimentait pour la première fois. Les arquebusiers à cheval devenaient des dragons.

Pendant les deux tiers du XVIIe siècle, la proportion de la cavalerie fut très-forte. Au commencement du règne de Louis XIV, à Rocroi, pour une armée de 22,000 hommes, il y avait 7,000 chevaux. A la bataille des Dunes, l'armée se composait

de 9,000 fantassins et 6,000 cavaliers. L'artillerie était dans la proportion de trois pièces par 2,000 hommes. En 1659, à la paix des Pyrénées, il existait cent quatorze régiments d'infanterie; Louis XIV n'en conserva provisoirement que quarante-huit.

En 1672 il avait quarante-huit régiments nationaux, quatorze étrangers (effectif 114,413 hommes). Les trente premiers régiments avaient à leur tête une compagnie de grenadiers dont la création remonte à 1667.

Enfin, de 1701 à 1715, on vit figurer dans les armées jusqu'à 274 régiments d'infanterie, y compris les régiments de milice.

La cavalerie se divisait en 2 régiments de grosse cavalerie ou dragons, 12 régiments de cavalerie légère (carabins), 1 de cuirassiers, 41 de chasseurs.

Bientôt on forma de tous les carabins un régiments de carabiniers, fort de 20 escadrons à 5 compagnies chacun; on créa 31 nouveaux régiments de chasseurs, 2 régiments de hussards, on porta à 43 le nombre des régiments de dragons.

La maison du roi se composait de :

La compagnie des cent-suisses;

Le régiment des gardes françaises (32 compagnies de 100 hommes);

Le régiment des gardes suisses (12 compagnies de 200 hommes);

Quatre compagnies de gardes du corps, armées de la cuirasse, du casque, du sabre, du pistolet;

Une compagnie de gendarmes;

Une compagnie de chevau-légers;

Deux compagnies de mousquetaires, armées de l'épée, du mousquet, puis du fusil.

Dans les premières guerres de Louis XIV, l'infanterie était rangée sur 8 rangs; elle le fut ensuite sur 6, 5, 4, et quelquefois 3 à la fin des campagnes. Les rangs étaient à 13 pieds de distance l'un de l'autre, les piques placées au centre, les mousquets aux ailes. Le nombre de rangs diminua de plus en plus avec l'usage des armes à feu.

Le bataillon se composait de trois parties, le corps armé de piques et les manches de mousquets à mèche ou de fusils avec baïonnette à manche de bois.

L'armée était définitivement constituée sous Louis XIV, L'infanterie prenait la prépondérance dans les armées. La proportion de la cavalerie diminuait. Jusqu'alors ce corps avait fait un emploi principal des armes à feu. Elle ne se servit plus que de l'arme blanche. Les troupes étaient revêtues de

l'uniforme. Les corps de l'artillerie et du génie étaient créés.

En 1668, Louis XIV forma 6 compagnies de canonniers répartis dans les places. On en doubla bientôt le nombre.

Les officiers de l'artillerie n'avaient encore aucun grade dans l'armée ni aucune troupe sous leurs ordres. Au moment d'une guerre ils étaient réunis sous le titre de *commissaires provinciaux, commissaires extraordinaires, commissaires ordinaires*. En 1671, Louis XIV créa, pour la garde et pour le service de l'artillerie, le régiment des fusiliers du roi, ainsi nommé parce qu'il fut le premier en France armé de fusils avec baïonnette à douille. Il fut formé d'abord de 4 compagnies (de 100 hommes) de canonniers, sapeurs, ouvriers, et reçut des accroissements successifs.

En 1691 il se composait de 13 compagnies, dont 4 et ensuite 5 d'ouvriers, et prit en 1693 le nom de *royal-artillerie*.

A peu près à la même époque, Louis XIV créa le régiment royal des bombardiers, qui en 1706 comprenait 2 bataillons de 13 compagnies, chacune de 50 hommes. Le roi avait le titre de colonel des régiments royal-artillerie et royal-bombardiers. Le

grand maître de l'artillerie en était colonel-lieutenant.

En 1679, Louis XIV avait créé une première compagnie de mineurs. Depuis lors jusqu'en 1720, leur nombre fut porté à 5. Enfin dans cette même année, on incorpora à Vienne en Dauphiné, toutes les troupes destinées à servir l'artillerie dans le régiment royal-artillerie, qui se composa de 5 bataillons, chacun de 8 compagnies de 100 hommes, commandées par 2 capitaines et 2 lieutenants. Les officiers de l'artillerie eurent un grade dans l'armée, et vers la fin du siècle de Louis XIV le corps était composé de la manière suivante : un grand maître, 60 lieutenants du grand maître ayant le rang d'officiers-généraux, brigadiers ou colonels, 60 commissaires provinciaux ayant le rang de lieutenants-colonels, 60 commissaires ordinaires ayant le rang de capitaines en 1er, 80 officiers pointeurs ayant le rang de lieutenants.

Tous ces officiers étaient pendant la paix répartis dans les places de guerre.

Les 5 compagnies de mineurs et les 5 d'ouvriers furent séparées du régiment royal-artillerie en 1729. Plus tard on crut reconnaître que le bien du service exigeait la réunion de deux corps ayant entre

eux beaucoup de rapports. Une ordonnance qui parut le 6 décembre 1755 prescrivit la formation du corps royal de l'artillerie et du génie, composé du corps de l'artillerie, de celui des ingénieurs du roi et du régiment royal-artillerie.

Ce corps royal, en 1756, comprenait 5,300 soldats et 971 officiers, dont 320 répartis dans les places. En 1758, on sépara les ingénieurs et on en forma un corps à part sous le titre de *corps royal des ingénieurs*. Cette même année, les bataillons du corps royal de l'artillerie furent convertis en 6 brigades de 8 compagnies de 100 hommes chacune, auxquelles on réunit les ouvriers.

Les sapeurs et les mineurs, après en avoir été détachés et mis sous les ordres des ingénieurs en 1759, furent rendus l'année suivante au corps de l'artillerie, dont l'effectif fut alors de 5,160 soldats et 612 officiers. Les ouvriers détachés des brigades formèrent 6 compagnies.

Sous l'habile impulsion de Vauban, l'art de défendre et d'attaquer les places avait fait des progrès remarquables. L'invention du ricochet avait donné une grande puissance à l'artillerie de siége.

Au commencement de 1765, le corps royal se

composait de 7,527 soldats et 884 officiers, non compris la compagnie des élèves.

Jusqu'alors l'artillerie n'avait joué dans la guerre de campagne qu'un rôle secondaire, lorsque Louis XV rappela en France le général Gribeauval, qui avait, pendant la guerre de 7 ans, dirigé l'artillerie des Autrichiens dans plusieurs affaires importantes. Prenant modèle sur les améliorations effectuées en Prusse et en Autriche, il présenta un projet de réorganisation complète de l'arme (personnel et matériel).

Il eut à lutter contre une opposition violente, à la tête de laquelle se trouvait Vallière le fils, qui défendit énergiquement l'organisation de son père. Gribeauval n'en triompha définitivement qu'en 1776 après la mort de Vallière fils. A cette époque, il fut placé à la tête de l'arme avec le titre de *premier inspecteur-général*. Il partagea le matériel d'artillerie en matériel de siége et matériel de campagne.

Il adopta pour siége et place, les canons de 24, 16, 12, 8, et l'obusier de 8 pouces, les mortiers de 12 pouces, de 8 pouces, et les pierriers du calibre de 15 pouces.

Il réduisit les calibres des canons de campagne à

trois, 12, 8 et 4, diminua la longueur de ces bouches à feu, les fit plus courtes et en réduisit le poids à environ 150 fois le poids du boulet. Il introduisit un obusier de campagne du calibre de 6 pouces.

Il rendit les affûts plus mobiles, substitua l'attelage à timon à l'attelage à limonière, eut l'idée de la prolonge destinée à relier l'affût à l'avant-train, lorsque ces deux parties étaient séparées.

Il diminua le vent des projectiles, établit dans les constructions une exactitude et une uniformité remarquables, fixa la charge au tiers du poids du boulet, l'enveloppa dans un sachet en serge et la réunit au boulet ensaboté.

La vis de pointage fut substituée au coin de mire. L'adoption de la hausse améliora le pointage, et des tables de tir furent dressées.

Depuis l'introduction du système de Gribeauval jusqu'au 12 floréal an XI (1803), il n'y eut d'autre changement digne d'être mentionné que l'adoption des mortiers dits *à la Gomer* du calibre de 12, 10 et 8 pouces, lesquels furent substitués aux mortiers à chambre cylindrique.

L'organisation du personnel de l'artillerie a été naturellement subordonnée à celle du matériel. Jusque-là on avait conservé l'organisation de l'in-

fanterie. Gribeauval se basa sur le nombre d'hommes nécessaires au service d'une pièce, pour lequel chacun des servants fut chargé exclusivement d'une fonction spéciale. Il créa la division de l'artillerie.

L'ordonnance du 13 août 1765 convertit les 7 brigades d'artillerie en autant de régiments qui prirent le nom des villes où ils furent établis, savoir : La Fère, Metz, Strasbourg, Grenoble, Besançon, Auxonne et Toul; chaque régiment fut composé de 2 bataillons de 10 compagnies chaque.

Le nombre des compagnies d'ouvriers fut porté à neuf. Le corps royal comprenait en outre le corps des mineurs, composé de 6 compagnies.

En 1776, la totalité de l'effectif du corps royal se composait de 11,085 soldats et 895 officiers.

Le système de Gribeauval était depuis peu arrêté lorsque éclata la révolution de 1789, et peu de temps après la longue période de guerres qui en fut la conséquence.

En 1789, l'état militaire de la France consistait en 8,000 hommes à pied et à cheval de la maison du roi (les mousquetaires, gendarmes, chevau-légers, grenadiers à cheval avaient été licenciés); 104 régiments d'infanterie de ligne, dont 11 régiments suisses, 12 allemands, zélandais ou lié-

geois, et 12 bataillons d'infanterie légère (127,000 hommes), 2 régiments de carabiniers, 24 de grosse cavalerie, armés de cuirasses, 18 de dragons, 12 de chasseurs, 6 de hussards; en tout, 62 régiments qui pouvaient renfermer dans leurs cadres 35,000 sabres, 7 régiments d'artillerie, 6 compagnies de mineurs et 9 d'ouvriers (8,500 hommes), 106 bataillons de milice (77,079 hommes).

Le corps royal du génie se composait exclusivement d'officiers au nombre de 329.

L'état-major comprenait 11 maréchaux, 5 colonels-généraux, 169 lieutenants-généraux, 770 maréchaux de camp, 113 brigadiers et 69 mestres de camp.

Le service dévolu depuis à la gendarmerie était rempli par 33 compagnies de maréchaussée.

Par le règlement du 1er avril 1791, l'artillerie fut composée de 7 régiments de canonniers, 6 compagnies de mineurs, 10 compagnies d'ouvriers:

115 officiers entretenus pour le service des places et des établissements ;

9 inspecteurs généraux, dont 4 lieutenants-généraux (nombre porté bientôt à 10).

L'emploi de premier inspecteur général fut supprimé.

Le corps de l'artillerie conserva dans l'infanterie le rang que lui avait donné son ancienneté, et fut intercalé entre le 62e et le 63e régiment.

Le régiment de La Fère prit le nom de 1er régim.

—	de Metz, celui	de 2e
—	de Besançon,	de 3e
—	de Grenoble,	de 4e
—	de Strasbourg,	de 5e
—	d'Auxonne,	de 6e
—	de Toul,	de 7e

L'école des éléves fut recréée et rétablie à Châlons.

Vers la fin de 1791, on créa deux compagnies d'artillerie à cheval et on porta successivement leur nombre à 30. On avait d'abord emprunté aux Autrichiens le système à Wurst (caisson à selle disposé pour le transport des canonniers).

En 1792, époque où commença la série des guerres de la révolution, l'armée française ne comptait pas plus de 150,000 hommes. Le nombre des officiers des divers corps, sauf l'artillerie, avait été réduit par l'émigration.

Une des premières affaires fut la bataille de Valmy, dans laquelle l'artillerie, dirigée par les

généraux d'Aboville et Sénarmont père, décida la victoire.

Cependant l'artillerie à cheval, à son origine, fit des merveilles. On vit, dans les campagnes d'Allemagne, de simples capitaines de cette arme acquérir des réputations d'armée.

D'importantes réformes avaient eu lieu dans l'armée. Le grade de maréchal de France avait été supprimé.

On avait substitué au titre de lieutenant-général celui de général de division, et au titre de maréchal de camp celui de général de brigade. Chaque brigade contenait deux demi-brigades (régiments) d'infanterie et un ou deux régiments de cavalerie. Chaque division se composait de deux brigades, ou 12 bataillons et 8 à 12 escadrons.

Chaque division comprenait, outre les pièces de bataillon, une batterie de 6 ou 8 bouches à feu.

Le 18 décembre 1793, Toulon avait été repris aux Anglais. L'artillerie, dirigée par Napoléon Bonaparte, alors commandant dans cette arme, avait eu la plus grande part au succès. Là s'était dévoilé le génie du plus grand général des temps modernes.

Le 2 brumaire an II, les mineurs quittèrent le

corps de l'artillerie pour faire partie de celui du génie.

Jusqu'à l'époque des premières guerres de la Révolution, les ponts militaires étaient construits par les ouvriers d'artillerie.

Un décret du 18 floréal an III (mai 1795) créa le corps des pontonniers, et composa le corps de l'artillerie de :

8 régiments à pied (1 état-major, 20 compagnies, dont l'effectif était de 88 hommes) ;

8 régiments à cheval (1 état-major, 6 compagnies, dont l'effectif était de 72 hommes);

12 compagnies d'ouvriers (effectif, 83 hommes);

1 bataillon de pontonniers (1 état-major 8 compagnies; effectif, 72 hommes).

L'état-major général fut composé de :

8 généraux de division,
12 généraux de brigade,
29 chefs de brigade,
33 chefs de bataillon,
144 capitaines à la suite des régiments.

On avait désigné sous le nom d'école d'artillerie la réunion des établissements destinés à l'instruction théorique et pratique des officiers, sous-offi-

ciers et canonniers. On en avait établi dans chacune des villes où étaient stationnés les régiments.

Une huitième école fut établie à Toulouse.

Chaque école était commandée par un général de brigade.

En 1794, la Convention a fondé l'école polytechnique, destinée à alimenter en officiers les corps de l'artillerie et du génie.

Le 17 novembre 1797 (16 brumaire an VI), le ministre de la guerre prit une décision qui classa les troupes dans l'ordre suivant : artillerie, génie, infanterie, cavalerie.

Dans les nombreux faits de guerre qui eurent lieu sous la république, on put recueillir les fruits de l'habile organisation de Gribeauval. Partout, l'artillerie des divisions put marcher à la hauteur des troupes et leur prêter un aide souvent indispensable.

Dans la campagne d'Égypte (1798), l'artillerie rendit les services les plus signalés. Son action puissante, jointe à celle de l'infanterie, détermina la victoire aux batailles des Pyramides (juillet 1798), de Sédiman, de Samnhoud (1799), d'Héliopolis (avril 1800).

A Zurich (25 septembre 1799), l'artillerie légère

causa de grands ravages dans les rangs des Russes et rendit la victoire facile aux autres armes.

Au mois de nivôse an VIII (janvier 1800), une amélioration des plus importantes fut introduite dans l'artillerie.

Le transport du matériel et la conduite des voitures à la guerre avaient été confiés autrefois à des entrepreneurs avec qui on passait des marchés pour fournir tous les chevaux nécessaires aux attelages.

A la Révolution, on changea ce mode, qui avait donné lieu à beaucoup d'abus, et on l'organisa en régie, mais les résultats de ce changement ne furent pas satisfaisants. Le premier consul organisa les anciens charretiers d'artillerie en bataillons du train, dont les soldats, assimilés à ceux des autres corps, rivalisèrent de zèle et de dévouement avec les canonniers et partagèrent leurs travaux et leurs dangers.

Au mois de mai 1800, le passage du mont Saint-Bernard mit à même d'apprécier l'habileté qui avait présidé à la construction du nouveau matériel. On put démonter pièce à pièce les caissons, les affûts, les voitures, pour les transporter sur des traîneaux, et ensuite les reconstruire facilement.

A Marengo (14 juin 1800), quinze pièces de ca-

non, mises en batterie par le général Marmont, arrêtèrent l'armée autrichienne et rétablirent la victoire.

La courte période de paix qui suivit l'année 1800 permit à Napoléon de donner une constitution nouvelle à son armée.

Le 18 vendémiaire an X (octobre 1801), le corps de l'artillerie fut réorganisé; sa composition fut réglée de la manière suivante :

État-major.

8 généraux de division, dont un premier inspecteur général ;

12 généraux de brigade, dont 6 inspecteurs généraux et 6 commandants d'école ;

33 chefs de brigade directeurs ;

37 chefs de bataillon sous-directeurs.

Corps de troupes.

8 régiments à pied ;

6 régiments à cheval ;

2 bataillons de pontonniers ;

8 bataillons du train ;

15 compagnies d'ouvriers ;

13 compagnies de canonniers vétérans ;

399 employés pour le service du matériel.

La force totale du corps était de 20,838 hommes pour le pied de paix, et 29,197 pour le pied de guerre.

Par arrêté du 12 vendémiaire an XI (septembre 1802), l'école d'artillerie établie à Chalons-sur-Marne et celle du génie établie à Metz, ont été réunies dans cette dernière place et ont formé l'école d'application d'artillerie et du génie.

La 20 vendémiaire an XI (octobre 1802), l'état-major du corps de l'artillerie fut augmenté et porté à :

9 généraux de division ;

12 généraux de brigade ;

45 colonels, dont 42 directeurs et 3 *commandants* d'école ;

42 chefs de bataillon sous-directeurs.

Les compagnies de canonniers garde-côtes avaient été licenciées ; le renouvellement de la guerre avec l'Angleterre en fit rétablir 100 compagnies ; on en créa, en même temps, 28 de canonniers sédentaires, 18 de canonniers vétérans, et enfin une compagnie d'armuriers.

En 1803, l'armée était composée de 112 demi-brigades d'infanterie de bataille et de 31 légères (560,000 hommes), 72 régiments de cavalerie

(70,000 hommes). La garde consulaire comprenait 6 bataillons d'infanterie (5,500 hommes), 8 escadrons de cavalerie (1,200), 2 batteries (300).

L'armée, dans les années 1803 et 1804, fut réunie au camp de Boulogne et divisée en 8 corps d'armée, commandés par des généraux qui furent nommés presque tous maréchaux en mai 1804.

Le nombre de généraux promus alors à cette dignité fut de 16.

Quatre, qui ne devaient plus servir activement, furent pris parmi les sénateurs.

Le nom de *régiments* fut rendu aux *demi-brigades;* celui de *colonels* aux chefs de ces régiments, composés de *cinq* bataillons et ayant un complet de 4,500 hommes. On créa un grade intermédiaire entre celui de colonel et de chef de bataillon. Ce fut celui de *major*, chargé de diriger l'administration et de commander le régiment en l'absence du colonel. La cavalerie subit peu de changement. On arma du casque et de la cuirasse la grosse cavalerie et on en forma les cuirassiers.

On chercha à améliorer le matériel d'artillerie, et, le 12 floréal an XI (mai 1803), on adopta avec quelque précipitation des changements auxquels on a donné le nom de *système de l'an XI*. Les principaux

consistèrent à réduire à 2 les calibres des canons de campagne ; on supprima le 12 et le 4, et l'on ne conserva que le 8 auquel on ajouta le 6. L'obusier du calibre de 24 (5 pouces 7 lignes 2 points) a été adopté. Les obusiers de 6 et 8 pouces, les mortiers de 10 pouces, furent supprimés ; enfin on diminua la longueur des pièces et le poids des bouches à feu ; on modifia les formes des affûts, ainsi que celles des autres voitures Ces innovations ont été successivement abandonnées, sauf celle qui concerne l'obusier de 24.

Un décret du 9 vendémiaire an XIII (septembre 1804) porta à 15 le nombre des généraux de brigade d'artillerie ; 9 d'entre eux devaient être chargés du commandement des écoles de Douai, La Fère, Metz, Strasbourg, Auxonne, Grenoble, Rennes, Toulouse et Turin. Cette dernière fut depuis transférée à Alexandrie.

A cette époque, la force totale du corps était de 43,400 hommes pour le pied de paix, et 52,739 pour le pied de guerre.

Rappelons quelques-uns des principaux faits d'armes de l'artillerie pendant la période de nos guerres sous l'empire.

Dans la campagne de 1805, ce corps prit une

part importante à la victoire d'Austerlitz, remportée le 2 décembre. 18 pièces de canon, placées sur le Santon, à l'extrême gauche de l'armée française, et habilement dirigées par le colonel Sénarmont fils, contribuèrent très-efficacement à repousser les attaques de l'ennemi. A droite, le feu de l'artillerie du maréchal Soult et de l'artillerie à cheval de la garde impériale coupa en deux la colonne russe, qui marchait pour tourner la droite de l'armée française.

Une bataille qui fait époque dans l'histoire de l'artillerie, c'est celle de Friedland (14 juin 1807). Une attaque, commandée par le maréchal Ney et appuyée par le général Dupont, avait échouée lorsqu'une batterie de 36 pièces, conduite par le général Sénarmont, écrasa la gauche de l'armée russe et décida la victoire.

Napoléon, ouvrant un champ plus vaste à l'art de la guerre, avait formé une nouvelle unité de force, composée de deux à quatre divisions d'infanterie, sous le nom de *corps d'armée*. Une brigade ou une division de cavalerie légère, suivant les circonstances, et une réserve d'artillerie lui étaient affectées.

Une armée était formée par la réunion de deux à quatre corps et d'une réserve de cavalerie. Elle

avait son état-major général, ses équipages de siéges et de ponts. De cette manière, elle était toujours sous la main du général en chef, qui put mouvoir des masses de 100,000 hommes avec autant de facilité que sous Turenne on maniait une armée de 25,000 à 30,000 hommes, divisée par brigades.

Napoléon avait tenu également à réunir sous un même chef la masse principale de sa cavalerie. La réunion de plusieurs divisions formait un corps d'armée de cavalerie destiné à préparer la victoire, à la décider et à en recueillir les fruits. Des généraux tels que les Murat, les Kellermann, les Lassalle, les Montbrun, excellaient dans l'art de lancer et de régulariser les vastes *ouragans* de la cavalerie (*procella equestris*).

Jusqu'alors l'artillerie avait été toute ou presque toute répartie dans les divisions. La bataille de Friedland avait appris quelle était la puissance des grandes batteries. Le moyen le plus sûr d'enfoncer les lignes qui résistent, c'est de concentrer sur le point d'attaque plus de feux que l'ennemi ne peut y en porter pour sa défense. Une partie seulement de l'artillerie fut comprise dans les divisions; le reste fut porté en réserve, sous le com-

mandement du général en chef, qui put avec les masses de feux mises à sa disposition frapper le coup décisif. L'artillerie fut donc centralisée comme l'infanterie et la cavalerie.

A la bataille de Wagram (6 juillet 1809), 100 pièces de canon furent réunies sous les ordres de Drouot. L'artillerie ouvrit un feu terrible et réduisit au silence celle de l'ennemi. Le centre des Autrichiens était ébranlé, lorsque Macdonald, à la tête de trois divisions d'infanterie, des fusiliers, des grenadiers à cheval de la garde impériale et du 6e régiment de cuirassiers, s'élança au pas de charge sous une pluie de feu et fit perdre une lieue de terrain à l'ennemi.

A Occana (19 novembre 1809) une armée de 50,000 Espagnols fut détruite en trois heures. L'intrépide Sénarmont réunit d'abord 30 bouches à feu contre le centre des Espagnols puis, par un changement de front, il battit l'aile droite ennemie dans toute sa longueur; cette habile manœuvre obtint un succès décisif.

Par décrets des mois d'août et septembre 1810, la composition du corps de l'artillerie fut réglée ainsi qu'il suit : 9 régiments à pied, 7 à cheval, 18

compagnies d'ouvriers, 5 d'armuriers, 19 de vétérans, 14 bataillons du train, 43 directeurs.

Depuis lors, jusqu'au 30 mars 1814, l'artillerie reçut des accroissements successifs. On créa, le 30 avril 1811, 4 emplois de colonel, 10 de major, 15 de chef de bataillon et 10 de capitaine en résidence fixe. On augmenta dans chaque corps (canonniers, pontonniers, ouvriers, armuriers, garde-côtes, canonniers sédentaires) le nombre des compagnies et on dédoubla les 13 bataillons du train.

L'empereur augmenta l'artillerie de bataille au point d'avoir jusqu'à 5 bouches à feu par 1,000 hommes et de porter le personnel de l'arme à 103,336 hommes.

Napoléon avait réuni, pour l'expédition de Russie, la plus grande de toutes les armées qui aient jamais existé. Elle offrait, au mois de mars 1812, en hommes véritablement présents au drapeau, la masse énorme de 423,000 soldats, tous valides et parfaitement instruits, dont 300,000 d'infanterie, 70,0 0 de cavalerie, 30,000 d'artillerie, traînant à leur suite 1,000 bouches à feu de campagne et 6 équipages de ponts.

A la sanglante bataille de la Moskowa, les Russes disposaient de 600 bouches à feu, et l'armée fran-

çaise de 585. Une épouvantable canonnade de 400 pièces, dirigée par le général Sorbier, décida du gain de la bataille.

Le passage de la Bérésina, effectué en novembre 1812, lors de la désastreuse retraite de l'armée française, fut signalé par un service qui a rendu immortel le nom du général Eblé et de ses pontonniers.

Ce général, avec des ressources improvisées, fit construire deux ponts sur la rivière. Ses admirables soldats, pendant 48 heures, se plongèrent dans l'eau glacée. Grâce à leurs efforts héroïques, l'honneur de l'armée fut sauvé; mais Eblé et ses soldats payèrent de leur vie leur sublime dévouement.

Dans la campagne de 1813, à la bataille de Lutzen, le général Drouot, à la tête de 80 bouches à feu de la garde, prit de front la cavalerie et d'écharpe l'infanterie ennemie.

A la bataille de Hanau (30 octobre 1813), le même général, avec 50 pièces de canon, ouvrit à l'armée française le passage fermé par l'armée bavaroise.

En 1814, à Vauxchamps, à Mormant, à Montereau, à Laon, l'artillerie soutint sa réputation en prenant une part glorieuse au succès de ces journées.

L'armée avait reçue des accroissements successifs pendant la durée de l'empire. Voici quelle était sa composition, lorsqu'elle eut atteint son plus grand développement.

GARDE IMPÉRIALE.

INFANTERIE.

Vieille garde.

2 régiments de grenadiers.
2 régiments de chasseurs.

Moyenne garde.

1 régiment de fusiliers grenadiers.
1 régiment de fusiliers chasseurs.

Jeune garde.

13 régiments de tirailleurs.
13 régiments de voltigeurs.
2 régiments de flanqueurs.
1 régiment de pupilles.

CAVALERIE.

Vieille garde.

1 régiment de grenadiers à cheval.
1 régiment de dragons.
1 régiment de chasseurs à cheval.

1 escadron de mamelucks.

2 régiments de chevau-légers-lanciers.

1 régiment de gendarmerie d'élite.

Jeune garde.

3 régiments d'éclaireurs.

4 régiments de gardes d'honneur (formés en 1813).

ARTILLERIE.

Vieille garde.

6 compagnies d'artillerie à cheval.

6 compagnies d'artillerie à pied.

1 compagnie d'ouvriers pontonniers.

Jeune garde.

14 compagnies d'artillerie à pied.

2 régiments du train.

GÉNIE.

4 compagnies de sapeurs.

MARINE.

8 compagnies.

TROUPE DE LIGNE.

GENDARMERIE.

34 légions en France.

6 légions en Espagne.

INFANTERIE.

156 régiments de ligne.

37 régiments d'infanterie légère (chaque régiment comprenait 5 bataillons, dont 4 de guerre et 1 de dépôt; chaque bataillon comprenait 6 compagnies dont 2 d'élite).

4 régiments suisses.

3 régiments étrangers.

4 régiments formant la légion de la Vistule.

3 régiments formant la légion portugaise.

1 régiment d'Illirie.

1 régiment espagnol.

6 régiments croates.

12 bataillons de vétérans.

Force totale de l'infanterie en 1813 : 700,000 hommes.

CAVALERIE.

2 régiments de carabiniers qui prirent la cuirasse en 1809.

14 régiments de cuirassiers.

30 régiments de dragons.

9 régiments de chevau-légers-lanciers (formés en 1811 avec 9 régiments de dragons).

31 régiments de chasseurs à cheval.

14 régiments de hussards (4 escadrons à 2 compagnies par régiment).

1 régiment de cavalerie portugaise.

1 régiment de hussards croates.

22 bataillons du train des équipages.

Force totale de la cavalerie, 80,000 hommes.

Pendant la campagne de Russie, les régiments furent pourvus de quelques pièces de canon, mais dès l'année suivante cette artillerie régimentaire avait disparu.

ARTILLERIE.

État-Major.

12 généraux de division, dont 1 premier inspecteur général.

16 généraux de brigade.

50 colonels-directeurs.

65 chefs de bataillon sous-directeurs.

302 capitaines en deuxième.

30 capitaines en résidence fixe.

10 lieutenants.

Troupe.

9 régiments d'artillerie à pied.

6 régiments d'artillerie à cheval.

12 régiments de cuirassiers.
15 régiments de dragons.
6 régiments de lanciers.
15 régiments de chasseurs.
6 régiments de hussards.

4° 8 régiments d'artillerie à pied à 21 compagnies.
4 régiments d'artillerie à cheval à 6 compagnies
1 bataillon de pontonniers à 6 compagnies.
12 compagnies d'ouvriers.
4 escadrons du train portés à 8 le 9 septembre suivant.
10 compagnies de vétérans.

L'état-major comprenait :
10 lieutenants-généraux, dont un premier inspecteur-général.
12 maréchaux de camp.
35 colonels.
10 majors.
40 chefs de bataillon.
40 capitaines en résidence fixe.

La force du corps était de 1,228 officiers, 439 employés, 15,374 sous-officiers et soldats.

5° 3 régiments du génie à 2 bataillons, chacun de 6 compagnies dont 1 de mineurs et 5 de sapeurs.

État-major.

4 généraux de division.
10 généraux de brigade.
26 colonels.
26 lieutenants-colonels.
60 chefs de bataillon.
120 capitaines en premier.
100 capitaines en deuxième.

Force du corps, 4,315 hommes.

Enfin, on organisa 50 compagnies de fusiliers vétérans.

Indépendamment des troupes mentionnées ci-dessus, on avait formé une maison du roi sur le modèle de celle qui existait sous l'ancienne monarchie.

Elle se composait de :

6 compagnies de gardes-du-corps (400 hommes chacune).
1 compagnie de gardes de la porte.
1 compagnie de cent-suisses.
1 compagnie de gendarmes.
1 compagnie de chevau-légers.
2 compagnies de mousquetaires.
1 compagnie de grenadiers à cheval.

L'armée ne resta pas longtemps à l'effectif fixé par cette organisation. La guerre qui éclata en 1815 nécessita une augmentation considérable dans les différents corps de l'armée.

Par décret du 23 mars 1815, la garde impériale fut rétablie et la maison militaire du roi licenciée.

L'issue de la funeste bataille de Waterloo (18 juin 1815) amena le licenciement de l'armée.

La Restauration substitua les légions départementales aux régiments de ligne, et la couleur blanche à la couleur bleu de roi pour l'uniforme.

On forma 86 légions départementales, dont chacune comprenait 1 bataillon d'infanterie de ligne, 1 de voltigeurs, 3 cadres de compagnies formant cadre de dépôt. Ces légions devaient comprendre dans leur organisation une compagnie d'artillerie et une d'éclaireurs à cheval. Ces 2 compagnies ne furent jamais formées.

La cavalerie fut composée de 47 régiments, 1 de carabiniers, 6 de cuirassiers, 10 de dragons, 24 de chasseurs, 6 de hussards.

Par ordonnance du 1er septembre 1815, on forma une garde royale de 25,000 à 26,000 hommes. Elle fut composée de 6 régiments d'infanterie française et 2 régiments Suisses (3 bataillons). Ces 8

régiments formèrent 2 divisions. La cavalerie comprit 2 régiments de grenadiers à cheval, 2 de cuirassiers, 1 de dragons, 1 de chasseurs à cheval, 1 de hussards.

L'organisation donnée, en 1814, à la maison du roi n'était plus en rapport avec les progrès de l'art militaire.

Elle fut réduite à une compagnie de cent-suisses et à 4 de gardes-du-corps.

Par ordonnances du 31 août et du 22 septembre 1815, l'artillerie fut réorganisé. La nouvelle composition de ce corps fut déterminée de la manière suivante :

ÉTAT-MAJOR GÉNÉRAL.

8 lieutenants-généraux.
12 maréchaux de camp.
36 colonels.
24 lieutenants-colonels.
80 chefs de bataillon.
40 capitaines en premier.
40 capitaines en second.
60 capitaines en résidence fixe.
50 élèves.

TROUPE.

8 régiments d'artillerie à pied (16 compagnies et 1 cadre de dépôt).

4 régiments d'artillerie à cheval (6 compagnies).

1 bataillon de pontonniers (6 compagnies).

12 compagnies d'ouvriers.

1 compagnie d'artificiers.

8 escadrons du train.

Une brigade d'artillerie, sous les ordres d'un maréchal de camp, fut attachée à la garde et composée ainsi qu'il suit, par ordonnance du 14 septembre 1815 :

1 régiment d'artillerie à pied (8 compagnies).

1 régiment d'artillerie à cheval (4 compagnies).

1 régiment du train (6 compagnies).

La force totale du corps (artillerie de ligne) était de 11,220 hommes et 1,760 chevaux, tant de selle que de trait. Le régiment d'artillerie à pied de la garde était fort de 42 officiers et 434 sous-officiers et canonniers ; le régiment d'artillerie à cheval, de 26 officiers, 287 sous-officiers et canonniers, 243 chevaux de troupe ; le régiment du train, de 18 officiers, 390 sous-officiers et soldats, 600 chevaux de troupe.

La même ordonnance (22 septembre 1815) institua un comité central de l'artillerie, composé de 8 lieutenants-généraux auxquels il fut adjoint 2 maréchaux de camp et 2 colonels, mais sans voix délibérative.

Les guerres qui s'étaient succédées presque sans interruption, de 1792 à 1815, n'avaient pas permis de s'occuper sérieusement d'améliorer l'armement de l'armée.

Pour ce qui concerne les armes portatives, bien des systèmes avaient été successivement mis en usage. Les premières remontent au quatorzième siècle; elles se composaient d'un cylindre creux en fer et d'une boîte contenant la poudre. On inventa: 1° les arquebuses tirées sur des chevalets ou tréteaux; 2° les couleuvrines coulées d'une seule pièce, et en bronze; 3° le pétrinal, dont le canon était formé d'une seule pièce en fer et dont la crosse était fixée à un obstacle pour diminuer l'effet du recul; 4° le mousquet (1525 en France), dont la crosse s'appuyait à l'épaule et dont la partie antérieure du canon était soutenue par une fourchette que le tireur fichait en terre. La cartouche et la giberne furent adoptées, en France, en 1644; elles l'étaient, la première depuis 1567 en Espa-

gne, la seconde depuis 1630, sous Gustave-Adolphe, dans l'armée suédoise. Les moyens de mettre le feu furent successivement la platine à serpentin ou à mèche, la platine à rouet, la platine espagnole, qui a donné naissance à la platine à silex, connue en France en 1630, et d'un usage général en 1680. La baïonnette était introduite en 1642. Elle permettait de supprimer la pique en s'appliquant à une arme à feu qu'on appela *fusil*. La baïonnette à douille ayant été inventée en 1689, le fusil devint d'un emploi général et fut, à partir de 1703, l'arme unique de l'infanterie française. Depuis 1717, époque où le premier fusil fut régulièrement établi, on a vu se succéder les modèles 1746, 1754, 1763, 1766, 1768, 1770, 1771, 1773, 1774, 1777, 1777 corrigé en l'an IX.

Les guerres de l'empire avaient été faites avec le modèle 1777 corrigé en l'an IX. Ce modèle avait l'inconvénient d'être trop pesant sur le devant. Son centre de gravité étant trop éloigné du corps, le tir avait souvent lieu trop bas. Il donnait de nombreux ratés dus à la pente trop forte de la batterie.

Le tir de l'armée française était très-défectueux, tant à cause de l'imperfection de l'arme que du

peu de précision du tir. Suivant Gassendi, sur 3,000 coups, suivant M. le général Piobert, sur 10,000, un seul atteignait l'ennemi.

D'un autre côté, le matériel de l'artillerie était lourd et peu mobile. La supériorité du matériel des Anglais et du tir de leurs armes portatives avait dû entrer pour beaucoup en ligne de compte dans les succès qu'ils avaient obtenus contre nous, soit dans la guerre de la Péninsule, soit à Waterloo.

Une double tâche était donc imposée au corps de l'artillerie, celle d'améliorer le tir du fusil, celle de rendre les bouches à feu plus mobiles. On verra plus loin comment elle s'en est acquittée.

Un nouveau modèle de fusil, construit en 1816 dans le but de remédier aux ratés de canon et de platine, présentait à un haut degré l'inconvénient de cracher ; enfin le canon trop long, comme dans le modèle 1777 corrigé, donnait lieu aux mêmes défauts dans le tir.

Une décision du 17 août 1816 fixa des dénominations aux régiments d'artillerie qui, depuis le règlement de 1791, n'avaient pas cessé d'être désignés par leurs numéros.

1er régiment à pied, régiment de La Fère.

2e — — de Metz.

3ᵉ régiment à pied, régiment de Valence.
4ᵉ — — d'Auxonne.
5ᵉ — — de Strasbourg.
6ᵉ — — de Douai.
7ᵉ — — de Toulouse.
8ᵉ — — de Rennes.
1ᵉʳ régiment à cheval, régiment de Metz.
2ᵉ — — de Rennes.
3ᵉ — — de Strasbourg.
4ᵉ — — de Toulouse.

Les escadrons du train portaient aussi les noms des écoles dans lesquelles ils avaient été formés; les compagnies d'ouvriers prenaient les noms de leurs capitaines-commandants.

Jusqu'à l'année 1818, l'état-major proprement dit n'avait pas eu de consistance dans nos armées et n'avait pas formé corps. On rangeait sous cette dénomination générale les officiers-généraux et les aides-de-camp, les commandants et les adjudants de place, les adjudants-généraux remplissant dans les divisions les fonctions de chefs d'état-major, et les adjoints choisis par les adjudants-généraux parmi les lieutenants de toutes armes.

Une ordonnance rendue le 6 mai 1815, sous le ministère du maréchal Gouvion Saint-Cyr, forma

le corps d'état-major, composé de 30 colonels, 30 lieutenants-colonels, 90 chefs de bataillon, 270 capitaines, 125 lieutenants. La même ordonnance affecta 8 lieutenants-généraux et 16 maréchaux de camp au corps d'état-major, pour remplir les emplois de chefs d'état-major généraux et d'aides-majors généraux.

Le 6 mars 1821, on créa un comité d'état-major.

Le 22 février 1831, sous le ministère du maréchal Soult, le corps des ingénieurs géographes fut réuni à celui d'état-major, et, le 22 février 1835, le cadre du corps fut fixé à 30 colonels, 30 lieutenants-colonels, 100 chefs d'escadron, 300 capitaines, sans compter 100 lieutenants et 50 sous-lieutenants élèves.

Le 23 octobre 1820, les légions furent converties en régiments et reprirent l'uniforme bleu.

L'expédition d'Espagne, qui eut lieu en 1823, fut bien conduite et eut au moins pour résultat d'avoir replacé la France à son rang parmi les puissances européennes. Une belle armée de 100,000 hommes parcourut toute la Péninsule, et les siéges de Pampelune, de Saint-Sébastien, de Lérida, de Figuières, du Trocadéro, firent voir que les divers

corps de notre armée se montreraient encore au besoin ce qu'ils avaient été pendant les sanglantes guerres de l'empire.

TABLEAU DES FORCES DE L'ARMÉE FRANÇAISE,

Résultant de l'ordonnance du 27 février 1825.

INFANTERIE.

64 régiments d'infanterie de ligne.

20 — d'infanterie légère.

(3 bataillons par régiment, 8 compagnies par bataillon, 1 de grenadiers ou carabiniers, 6 de fusiliers ou chasseurs, 1 de voltigeurs).

Force des régiments.

guerre.	paix.
2,835 hommes.	1,875 hommes.

Force totale de l'infanterie.

guerre.	paix.
257,000 hommes.	168,750 hommes.

4 régiments suisses.

CAVALERIE.

Grosse cavalerie.

2 régiments de carabiniers.

10 — de cuirassiers.

12 — de dragons.

Effectif d'un régiment.

guerre.	paix.
926 hommes.	734 hommes.
893 chevaux.	650 chevaux.

Effectif de la grosse cavalerie.

guerre.	paix.
22,224 hommes.	17,616 hommes.
21,432 chevaux.	15,600 chevaux.

Cavalerie légère.

18 régiments de chasseurs.
6 — de hussards.

Effectif d'un régiment.

guerre.	paix.
1,022 hommes.	734 hommes.
980 chevaux.	650 chevaux.

Effectif de la cavalerie légère.

guerre.	paix.
24,528 hommes.	17,616 hommes.
23,520 chevaux.	15,600 chevaux.

GARDE ROYALE.

INFANTERIE.

6 régiments français.

Effectif d'un régiment.

guerre.	paix.
2,856 hommes.	1,848 hommes.

CAVALERIE.

2 régiments de grenadiers à cheval.
2 — de cuirassiers.
1 — de dragons.
1 — de chasseurs.
1 — de lanciers.
1 — de hussards.

Effectif d'un régiment.

guerre.	paix.
940 hommes.	748 hommes.
980 chevaux.	782 chevaux.

Effectif de toute la cavalerie.

guerre.	paix.
7,520 hommes.	5,984 hommes.
7,840 chevaux.	6,256 chevaux.

ARTILLERIE.

Ligne.

8 régiments à pied (1 état-major, 20 compagnies par régiment).

Effectif d'un régiment.

guerre,	paix.
2,139 hommes.	1,539 hommes.

4 régiments à cheval (1 état-major, 8 compagnies).

Effectif d'un régiment.

guerre.	paix.
891 hommes.	650 hommes.
856 chevaux.	458 chevaux.

1 bataillon de pontonniers (1 état-major, 12 compagnies).

guerre.	paix.
1,571 hommes.	995 hommes.

12 compagnies d'ouvriers.

guerre.	paix.
100 hommes.	70 hommes.

1 compagnie d'armuriers.

guerre.	paix.
100 hommes.	»

8 escadrons du train.

guerre. (16 *comp. par escadr.*).	paix. (8 *comp. par escadr.*).
1,958 hommes.	991 hommes.
3,180 chevaux.	364 chevaux.

BRIGADE D'ARTILLERIE DE LA GARDE.

1 régiment d'artillerie à pied (1 état-major, 8 compagnies, 1 escouade d'ouvriers).

guerre.	paix.
916 hommes.	668 hommes.

1 régiment d'artillerie à cheval (1 état-major, 4 compagnies).

guerre.	paix.
454 hommes.	382 hommes.

470 chevaux.	337 chevaux.

1 régiment du train (1 état-mojor.)

guerre.	paix.
12 compagnies.	6 compagnies.
1,474 hommes.	524 hommes.
2,416 chevaux.	636 chevaux.

État-major de l'artillerie.

1. lieutenant-général, inspecteur-général du service central.
8 lieutenants-généraux.
16 maréchaux de camp.
36 colonels.
36 lieutenants-colonels.
72 chefs de bataillon.
170 capitaines, dont 60 en résidence fixe.
50 élèves sous-lieutenants.

Force totale du corps.

pied de paix.
24999 officiers, sous-officiers, soldats et employés.
pied de guerre.
42359 officiers, sous-officiers, soldats et employés.

Une compagnie d'artificiers créée à l'organisation du 31 août 1815, fut licenciée par ordonnance du 19 mai 1824. Une seconde ordonnance du même jour créa l'école centrale de pyrotechnie militaire.

La direction en fut confiée à un officier supérieur d'artillerie.

Le service de l'état-major et des troupes de l'artillerie, dans les colonies, avait été affecté au département de la guerre par ordonnance du 26 janvier 1825. Cette disposition fut révoquée par une nouvelle ordonnance sous la date du 21 décembre 1828, qui rendit ce service à l'artillerie de la marine.

De 1815 à 1830 l'état de paix ne fut troublé que par 2 campagnes de peu de durée, la campagne d'Espagne, en 1823, et la campagne de Morée, en 1827.

Le corps de l'artillerie, employant utilement les loisirs de la paix, s'était occupé d'abord de remédier aux inconvénients signalés dans le fusil modèle 1816. Il y était parvenu en diminuant, d'une part l'ouverture extérieure de la lumière, de l'autre la longueur du canon, et en augmentant, par compensation, la longueur de la baïonnette. D'après ces bases, on avait établi le fusil modèle 1822.

D'un autre côté, sous l'habile direction du général Valée, on avait commencé différentes séries d'épreuves tendant à améliorer le matériel d'artillerie à l'imitation du système adopté en Angleterre.

L'organisation Gribeauval avait suffi pendant les premières guerres de la République et de l'Empire; mais le matériel avait fait son temps, il était trop lourd et trop compliqué pour la guerre telle que Napoléon avait appris à la faire. Déjà, en l'an XI, on avait cherché à simplifier et à alléger ce matériel. Ce fut seulement après la paix que le Comité d'artillerie, dont les membres avaient été formés à la grande école de l'Empereur, put s'occuper sérieusément de mettre cette arme au niveau des nouveaux progrès qu'avait fait la science de la guerre.

Après une étude approfondie des divers systèmes d'artillerie européenne, le Comité proposa un matériel nouveau dont les principaux avantages sont les suivants : grande facilité pour la mise en batterie par suite de la légèreté de l'affût, mobilité remarquable résultant de l'indépendance des deux trains; unité de roues et d'avant-train pour toutes les voitures; faculté de transporter rapidement les canonniers sur les coffres des caissons et des avant-trains d'affût; adoption d'obusiers allongés, etc. Les calibres de campagne adoptés furent les canons de 12 et de 8, et les obusiers de 6 pouces et de 24.

Enfin, on améliora et on simplifia le matériel de siége.

On s'attacha en même temps à modifier la constitution du personnel, de manière à la mettre en harmonie avec le nouveau rôle que l'artillerie avait à remplir.

L'assimilation continuelle à l'infanterie et à la cavalerie nuisait à l'instruction spéciale des troupes d'artillerie et prenait un temps qui pouvait être consacré utilement aux manœuvres de batteries.

Il y avait un défaut d'homogénéité fâcheux entre le personnel chargé du service des pièces et celui qui avait la conduite des voitures. Les canonniers d'une part, les soldats du train de l'autre, n'étant réunis qu'au moment de la guerre et reconnaissant des chefs différents, il n'y avait pas cette unité d'action qui est un des plus grands éléments de succès. Ce défaut d'homogénéité d'action avait en outre l'inconvénient très-grave d'intervertir souvent l'ordre hiérarchique des grades en donnant le droit de commandement sur les officiers du train à des officiers d'artillerie d'un grade inférieur, quelquefois même à des sous-officiers.

Pour mettre un terme à ces inconvénients en opposition avec les lois et les règlements militaires, on posa en principe que le capitaine, commandant la batterie, devait être complétement maître de

tous les éléments qui concourent au but final. Chaque batterie de campagne reçut, outre ses canonniers servants, le nombre de canonniers conducteurs nécessaire à son service ; et le train d'artillerie, sous le titre de train des parcs, fut réduit à ce qui est strictement indispensable pour le transport des approvisionnements de réserve, des voitures de parc et des équipages de siége et de pont.

L'ordonnance du 5 août 1829 partagea les troupes de l'artillerie en 10 régiments composés uniformément d'abord de 3 batteries à cheval, 7 batteries montées et 7 batteries à pied ou de siége ; en 6 escadrons du train des parcs, composés de 6 compagnies, en 1 bataillon de pontonniers et en 12 compagnies d'ouvriers (le tout appartenant à la ligne), et en un régiment de la garde comprenant 3 batteries à cheval et 5 montées.

Pour le temps de guerre, on devait créer un cadre de dépôtpar régiment d'artillerie, bataillon de pontonniers et escadron du train, et une compagnie d'armuriers.

L'effectif du régiment de la garde fut fixé à

guerre.	paix.
1,666 hommes.	883 hommes.
1,827 chevaux.	720 chevaux.

L'effectif d'un régiment de la ligne fut de

guerre.	paix.
2,605 hommes.	1,459 hommes.
2,087 chevaux.	455 chevaux.

L'effectif du bataillon de pontonniers fut fixé à

guerre.	paix.
1,588 hommes.	919 hommes.
141 chevaux.	»

L'effectif des compagnies d'ouvriers fut de :

guerre.	paix.
110 sous-offic. et soldats.	70 sous-offic. et soldats.

L'effectif des escadrons du train fut de :

guerre.	paix.
768 hommes.	280 hommes.
1,286 chevaux.	112 chevaux.

L'état-major fut composé de :

1 lieutenant-général, inspecteur-général du service de l'artillerie.

7 lieutenants-généraux.

14 maréchaux de camp.

36 colonels.

35 lieutenants-colonels.

70 chefs d'escadron.

80 capitaines en premier.

15 capitaines en deuxième.

60 capitaines en résidence fixe.

La force totale du corps royal de l'artillerie se trouva ainsi fixée à 1,383 officiers, 525 employés, 33,863 sous-officiers et soldats; total, 35,771 hommes et 31,463 chevaux (pied de guerre); et 1,318 officiers, 525 employés, 17,722 sous-officiers et soldats, et 5,942 chevaux (pied de paix).

Le 13 décembre 1829, le corps du génie avait éprouvé une nouvelle organisation. Sa composition était fixée de la manière suivante :

État-major.

12 officiers généraux, savoir :

1 lieutenant-général, inspecteur-général du service du génie.

3 lieutenants-généraux.

8 maréchaux de camp.

350 officiers d'état-major, savoir :

24 colonels, directeurs des fortifications.

24 lieutenants-colonels.

60 chefs de bataillon.

105 capitaines de première classe.

105 capitaines de deuxième classe.

32 lieutenants.

Troupes.

3 régiments (2 bataillons, 7 compagnies : 1 de

mineurs, 6 de sapeurs); 1 dépôt de deux cadres de compagnies, en temps de guerre.

Effectif d'un régiment:

	guerre.	paix.
Officiers	75	67
Sous-officiers et soldats,	2,140	1,444

Effectif total:

	guerre.	paix.
Officiers,	225	201
Sous-officiers et soldats,	6,420	4,332

1 compagnie d'ouvriers:

	guerre.	paix.
Officiers,	4	4
Sous-officiers et soldats,	150	102

L'escadron du train fut supprimé. On décida pour le cadre de guerre la formation d'un train du génie en 3 compagnies comprenant chacune 122 hommes et 206 chevaux.

L'organisation nouvelle de l'artillerie était à peine effectuée lorsqu'eut lieu l'expédition d'Afrique. Alger fut pris le 5 juillet 1830, et l'artillerie, commandée par le général de Lahitte, prit une part brillante au succès de cette glorieuse campagne qui détruisait la piraterie et dotait la France d'une belle colonie.

La révolution des 27, 28 et 29 juillet 1830 occa-

sionna la dissolution de la garde royale et de la maison militaire du roi, prescrite par ordonnance du 11 août 1830.

Différentes ordonnances rendues dans le courant de ce mois eurent pour objet la formation de nouveaux corps destinés à recevoir quelques débris de la garde royale licenciée.

On créa : 1° 1 régiment de lanciers d'Orléans (50 officiers, 762 sous-officiers, brigadiers, cavaliers, 70 chevaux d'officiers, 609 chevaux de troupe); 2° 2 régiments d'infanterie de ligne (65 et 66). Force de chaque régiment, 87 officiers, 1,763 sous-officiers et soldats ; 3° le 23 août 1830, une batterie d'artillerie à cheval, dite *de réserve de Paris* (102 hommes, 100 chevaux).

Par ordonnance du 16 août 1830, le corps de la gendarmerie de Paris fut supprimé. Un corps spécial, sous la dénomination de garde-municipale de Paris, fut institué pour le service de garde et de police de la capitale. Ce corps fut composé de 2 bataillons comprenant chacun quatre compagnies d'infanterie (1,048 hommes) et de 2 escadrons de cavalerie, chacun de 2 compagnies (400 hommes); le tout commandé par un colonel. Le complet de la garde municipale a été porté, le 26 juillet 1839, à

2,996 officiers, sous-officiers et gardes, et à 450 chevaux.

Le 27 août 1830, les emplois de premier inspecteur-général (pour l'artillerie et pour le génie), rétablis le 27 janvier 1830, après avoir été supprimés en 1815, furent supprimés de nouveau. Il fut stipulé que le Comité de l'artillerie, comme celui du génie, serait présidé par le lieutenant-général le plus ancien de l'arme.

La branche aînée léguait à la branche cadette une grande colonie à entretenir et à défendre.

D'un autre côté, l'attitude menaçante de quelques puissances européennes nécessitait une augmentation dans l'armée.

Le 18 septembre 1830, un 4e bataillon fut créé dans chaque régiment d'infanterie de ligne, dont la force fut portée, en sous-officiers et soldats, à 3,000 hommes, et, plus tard, le 17 janvier 1831, à 3,620.

Le corps du génie fut réorganisé, sous la date du 14 novembre 1830.

État-major.

24 colonels.

24 lieutenants-colonels.

72 chefs de bataillons.

130 capitaines en premier.
130 capitaines en deuxième.

380

Troupe.

Chacun des 3 régiments fut augmenté de 2 compagnies de sapeurs (1 par bataillon).

Effectif des 3 régiments.

guerre.	paix.
7,668 hommes.	5,268 hommes.

Le 4 décembre 1830, on créa une compagnie du train du génie (211 officiers, sous-officiers et soldats).

On avait formé, le 10 novembre, le corps du train des équipages composé de 8 compagnies actives et de 1 compagnie de dépôt pour les transports relatifs aux divers services de la guerre, et de plus de 8 compagnies de réserve. Elles devaient comprendre 85 officiers et 3,230 sous-officiers et soldats.

Le train des équipages avait en outre 3 compagnies d'ouvriers (18 officiers, 360 sous-officiers et soldats.

5 janvier 1831. — Le régiment étranger de Hohenlohe fut dissous et remplacé par un régiment d'infanterie légère à 3 bataillons, portant le n° 22.

Le 19 janvier 1831, les 50 régiments de cavalerie furent répartis de la manière suivante :

Cavalerie de réserve.

2 régiments de carabiniers.
10 régiments de cuirassiers.

Cavalerie de ligne.

12 régiments de dragons (armés d'un fusil sans baïonnette).
6 régiments de lanciers composés de 4 ascadrons armés de lances et de 2 escadrons de tirailleurs armés de mousquetons.

Cavalerie légère.

14 régiments de hussards.
6 régiments de chasseurs comprenant 2 escadrons armés de lances.

Force des 50 régiments.

	paix.		guerre.
Officiers,	2,500	officiers,	3,250
Troupe,	47,400	troupe,	57,530
Chev. d'offic.,	3,600	chev. d'offic.	7,650
Chev. troupe,	37,855	chev. de troupe,	49,930

C'est à cette époque qu'eut lieu la création d'un corps dont la renommée est devenue européenne. Par ordonnance du 31 mars 1831, on prescrivit la

montées devaient être, suivant les besoins du moment, transformées en batteries à pied Ce nouvel état de choses amena d'autres inconvénients. L'instruction spéciale du corps fut subordonnée aux soins que réclament les chevaux. Une tendance trop prononcée pour les manœuvres et exercices de la cavalerie se manifesta. D'un autre côté, on éprouva de telles difficultés pour former, au besoin, des batteries à pied, que dès l'année 1838 (22 novembre) il fallut créer 6 batteries à pied permanentes pour le service de l'Algérie. Elles prirent le n° 13 dans chacun des 6 premiers régiments. Dans l'organisation du 18 septembre 1833, la force totale des 14 régiments fut de 980 officiers, 17,248 sous-officiers et soldats, 1,134 chevaux d'officiers, et pour la troupe 3,148 chevaux de selle et 4,032 de trait. Le nombre des escadrons du train demeura fixé à 6 ; leur force, sur pied de paix, fut réglée à 72 officiers, 1,278 sous-officiers et soldats, 96 chevaux d'officiers, 174 chevaux de selle pour la troupe et 576 chevaux de trait.

Deux ordonnances rendues le 10 septembre 1834 et le 10 juin 1835, ont prescrit la formation : 1° à Alger, de 4 escadrons d'un nouveau corps de cavalerie indigène, sous la dénomination de *spahis ré-*

guliers; 2°, à Bone, de 2 escadrons du même corps.

Le 7 novembre 1836 on a prescrit la transformation des 13e et 14e régiments de chasseurs en régiments de lanciers portant les nos 7 et 8. En même temps les escadrons de lanciers existant dans les régiments de chasseurs ont été supprimés.

Le 20 mars 1837, on a formé un 3e bataillon de zouaves, et, le 11 novembre de la même année, les 3 bataillons ont été réunis en un seul régiment.

Le 20 novembre 1838, les compagnies de canonniers garde-côtes d'Afrique ont été supprimées, et on a créé dans chacun des 6 premiers régiments une batterie non montée, prenant le n° 13.

La composition de chaque batterie était de 4 officiers et 144 sous-officiers et canonniers.

Une première expédition contre la place de Constantine, en Afrique, avait eu lieu en 1836, sous le commandement du maréchal Clauzel. Elle n'avait pas réussi.

Une seconde expédition fut entreprise, en 1837, par le général Damrémont et terminée par le général d'artillerie Vallée.

Constantine fut prise le 13 octobre, et l'artillerie eut une grande part à cette glorieuse conquête.

Par ordonnance en date du 31 août 1839,

la cavalerie française et indigène a été organisée en Afrique. Elles s'est composée de 4 régiments de chasseurs d'Afrique, comprenant de 5 à 6 escadrons de chasseurs français et de 1 à 2 escadrons de spahis. La force des 4 régiments a été fixée à 298 officiers, 5,332 hommes de troupe, 718 chevaux d'officiers, 4,754 chevaux de troupe.

Le corps de la gendarmerie d'Afrique, sous la dénomination de *légion de gendarmerie d'Afrique*, a été porté à 708 officiers, sous-officiers, gendarmes, et à 448 chevaux.

Une ordonnance du 4 août 1839 a fixé : 1° le nombre des maréchaux de France à 6 en temps de paix, à 12 en temps de guerre; 2° le nombre des lieutenants-généraux faisant partie de la première section du cadre d'état-major général à 80, et celui des maréchaux de camp à 160 (pour le temps de paix).

Une création qui a donné d'excellents résultats, c'est celle, sous la date du 23 août 1839, d'un bataillon de tirailleurs, comprenant 24 officiers et 824 sous-officiers et soldats. Telle a été l'origine des bataillons de chasseurs à pied.

L'organisation de ce corps se liant naturellement avec les progrès des armes portatives, il y a lieu

d'entrer dans des détails à ce sujet. On a déjà dit que le tir des troupes françaises, pendant les guerres de l'empire, ne présentait pas l'exactitude désirable, tant à cause du manque d'exercice des tireurs que par suite de l'imperfection des armes. Pour ce qui concerne les armes portatives, depuis longtemps des essais avaient lieu, tant pour la substitution du mode percutant à celui à silex que pour l'introduction des fusils rayés dans l'armée.

Les sels fulminants, au nombre desquels se trouve le chlorate de potasse, ont été découverts, en 1785, par Berthollet.

En 1819, l'usage des armes à silex était presque complétement abandonné par les chasseurs, et dès 1820 un modèle d'arme de guerre fulminante était mise en essai, sans donner de bons résultats.

En 1827, M. Brunèel, armurier de Lyon, avait proposé un fusil muni d'une culasse à chambre cylindrique ayant le même diamètre que le canon. Cette culasse contenait l'emplacement de la cheminée. Autour de cet emplacement se relevait un conducteur destiné à guider la cartouche dans laquelle la capsule était implantée au centre d'un sabot en bois. En appuyant la cartouche contre ce conducteur, la balle en bas, et en la poussant contre

la cheminée, la capsule se plaçait d'elle-même. Le fusil amorcé, on achevait la charge comme à l'ordinaire. La complication et la difficulté de fabrication de la cartouche ont fait abandonner ce système après de longs essais. On fit d'autres tentatives sur des modes, les uns à amorçoirs, les autres à cartouches portant leurs capsules. Tel était l'état des choses lorsqu'une ordonnance, sous la date du 6 mai 1840, affecta 3,600,000 francs à la transformation des fusils à silex en fusils percutants.

On se détermina enfin à adopter la grosse capsule à rebords plans. La cheminée dut être disposée de telle manière que le sommet du cône pénétrât facilement sous le choc du chien à travers le vernis qui recouvre la composition fulminante (fulminate de mercure). Ce vernis a pour objet de garantir de l'humidité.

Malgré la suppression du conducteur et de la cartouche à sabot en bois, le fusil Brunèel servit de base pour l'établissement d'un nouveau modèle (1840) dans lequel la culasse à chambre était vissée au canon. Ce modèle se prêtait à la transformation des anciens fusils. Il suffisait de couper le canon au tonnerre, de la longueur de la nouvelle culasse, et

d'y adapter cette dernière à l'aide d'un nouveau taraudage.

Le fusil modèle 1842 diffère du modèle 1840 en ce qu'on a conservé l'ancienne culasse du modèle 1822, et que l'on a soudé un grain de cheminée sur le canon.

Le mode de transformation des anciens fusils, modèle 1822, correspondant au modèle 1842, a été beaucoup plus simple que le premier. Il n'a plus nécessité le changement de la culasse. On s'est borné à visser, dans la culasse, un grain de lumière dans lequel on visse la cheminée, à boucher l'ancienne lumière; à ménager de forge sur la queue une hausse et à braser un guidon au bout du canon ; à changer le chien en supprimant la pierre et évidant la tête; enfin à supprimer la batterie et son ressort. Le capitaine d'artillerie Arcelin, devenu depuis général, a eu l'idée de ce mode de transformation.

L'ancien fusil, modèle 1822, à silex sans baïonnette, avait un but en blanc situé à 120 mètres de la bouche. Armé de sa baïonnette, il n'avait plus de but en blanc, et, pour frapper un homme au milieu du corps, il était prescrit de viser :

Depuis la petite distance jusqu'à 100 mètres, à hauteur de poitrine ; de 100 à 140 mètres, à hau-

teur des épaules ; de 140 à 180, à hauteur de la tête ; de 180 à 200, à la partie supérieure de la coiffure.

Le fusil, transformé à percussion, fut pourvu d'une visière assez élevée pour lui donner un but en blanc à 150 mètres, avec ou sans baïonnette. La ligne de mire était déterminée par le cran de mire de cette visière placée sur la culasse et la partie supérieure d'un guidon en fer brasé sur la bouche du canon.

Avec le fusil modèle 1842, au calibre de 18 millim., à la balle de 17 millim. et à la charge de 8 grammes, les règles suivantes ont été adoptées pour toucher un homme à la ceinture : à 100 mètres, viser au milieu des cuisses ; à 125, *au milieu* du ventre; à 150, à la ceinture; à 175, à la poitrine; à 200, au front; à 225, au sommet de la coiffure ; à 250 mètres, viser à 0,90 au-dessus de la coiffure; à 400, à 8 mètres au-dessus du sommet de la coiffure.

L'origine des rayures paraît remonter presque jusqu'à l'invention des armes à feu.

C'est un principe de mécanique, que tout corps mis en mouvement par une force dont la direction ne passe point par son centre de gravité, prend un

double mouvement, savoir : un mouvement de translation, comme si la force motrice avait été appliquée à son centre de gravité, et un mouvement de rotation autour d'un des axes de ce corps passant par ce point, lequel, en général, change à chaque instant, et qu'on appelle *axe instantané de rotation*. Le projectile n'étant ni parfaitement homogène, ni parfaitement sphérique, surtout après le choc de la baguette et après avoir éprouvé des battements dans l'intérieur de l'arme, est mis en mouvement par des forces dont la résultante ne passe pas par son centre de gravité. Il a donc, en sortant de l'arme, ce mouvement de rotation qui peut amener des déviations considérables, soit dans le sens horizontal, soit dans le sens vertical.

La forme du projectile peut se trouver ou allongée ou aplatie. La première donne plus de portée que la forme sphérique et celle-ci plus que la forme aplatie. Au contraire, la forme aplatie paraît donner plus de justesse ; ce qu'on explique en se fondant sur ce principe, que le mouvement gyratoire est à son maximum de stabilité lorsqu'il a lieu autour du petit diamètre du projectile. En aplatissant la balle dans le sens d'un de ses diamètres, ce diamètre, devenu le plus petit de tous, se trouve

placé dans la direction même de celui du canon. La balle est donc disposée de manière à tourner autour de son axe de la plus grande stabilité, confondu avec l'élément prolongé de la tangente à la trajectoire.

Pour diminuer ou empêcher la déviation provenant du jeu des balles dans le canon, on avait été conduit d'abord à employer des balles d'un calibre se rapprochant davantage de celui du canon

Mais alors le chargement par la bouche présentant de grandes difficultés, on a cherché à l'effectuer par la culasse. Or, ce mode n'a pu jusqu'à présent être adopté pour les armes de guerre, parce qu'il exige qu'on ait à l'endroit du canon où les gaz ont le plus de tension des assemblages mobiles d'une grande précision, et qu'ils s'encrassent trop rapidement pour pouvoir continuer longtemps à s'ajuster de manière à clore hermétiquement le canon ; il en résulte des fuites de gaz.

On est donc revenu nécessairement au chargement à balle par la bouche, et le plomb étant sensiblement compressible, on a pu enfoncer des balles du calibre exact du canon ou même d'un calibre un peu plus fort, et, pour les faire glisser plus facilement et nettoyer en même temps le ca-

non, on a eu soin d'envelopper la balle d'un calepin graissé. Malgré cette précaution, l'encrassement s'opposant à la descente de la balle au bout d'un très petit nombre de coups, on a creusé d'abord des rayures longitudinales qui avaient pour objet et de servir de logement à la crasse et d'empêcher le mouvement de rotation de la balle dans l'intérieur du canon; mais cette balle étant déformée par suite de son mouvement dans les rayures, n'en était que plus exposée au mouvement de rotation extérieur dû à la résistance de l'air, dont la résultante n'agissait pas en sens inverse du mouvement du centre de gravité.

On est parvenu à diminuer ou à annuler cette cause de déviation en forçant la balle à prendre, à l'origine de sa course, un mouvement de rotation autour d'un diamètre qui se confondit avec l'axe du canon. Il suffit, pour obtenir ce résultat, d'incliner plus ou moins les rayures.

L'expérience a prouvé qne ce système était très-favorable à la justesse du tir, et telle a été l'origine du canon rayé.

Pendant les guerres de la Révolution et une partie de celles de l'Empire, on fit usage en France de la carabine de 1793, dite de *Versailles*. Elle

avait un canon court (24 pouces, 0 mm. 65), un calibre de 6 lignes (13 m. 54), et était rayée de 7 hélices. Une balle du diamètre de 6 lignes 4 points (14 mm. 4), enveloppée d'un calepin enduit de matière grasse, s'enfonçait avec effort sur la charge de la poudre, au moyen de la baguette et d'un maillet. La difficulté et la lenteur du chargement, l'inconvénient (très-sensible avec les masses mises en mouvement à cette époque) du manque d'unité dans l'armement firent abandonner promptement cètte carabine, et toute l'infanterie fut armée exclusivement du fusil d'infanterie et de voltigeurs.

L'usage des armes rayées était donc complétement abandonné en France, lorsque la justesse du tir (à grande distance) des Arabes en *Algérie* appela l'attention sur l'emploi des armes de précision.

Déjà, dès 1818, on s'était occupé de la détermination d'un nouveau fusil de rempart. Cette arme, connue sous le nom de modèle de 1831, était rayée et se chargeait par la culasse. Les rayures ne commençaient qu'en avant de l'emplacement de la balle, qui, les rencontrant, animée d'une assez grande vitesse, se découpait et ne prenait qu'imparfaitement le mouvement de rotation que tendent

à imprimer les rayures. Le fusil de rempart modèle 1831 fut employé avec succès pendant la campagne d'Alger, en 1830, mais moins heureusement au siége de la citadelle d'Anvers, en 1832.

M. Delvigne, lieutenant d'infanterie de l'ex-garde royale, eut l'idée de forcer une balle dont le diamètre était de 3/10 de millimètre plus faible que le calibre du canon, en se servant de la baguette. La balle, portant sur le ressaut d'une chambre ménagée dans la culasse et destinée à contenir la charge de poudre, était aplatie par le choc de la baguette, engrainait dans les rayures et se trouvait forcée. Ce moyen ingénieux, mis pour la première fois en essai en 1827, évitait les inconvénients du chargement au maillet, mais présenta dans les essais manque de portée et encrassement rapide. Prenant pour base le système Delvigne, on s'occupa, en 1833 et 1834, de l'établissement d'une carabine à percussion destinée à l'armement d'un corps de tirailleurs. On donna au canon une longueur de 0 m. 920, un calibre de 0 m. 017 ; on munit le canon de six rayures, et on forma au fond une chambre cylindro-sphérique, sur laquelle la balle était forcée d'après le mode inventé par M. Delvigne. Cette carabine, qui se chargeait presque

aussi facilement que le fusil d'infanterie, présenta une grande justesse de tir et une portée efficace jusqu'à 300 mètres. On appliqua la même modification au fusil de rempart modèle 1831. On supprima le chargement par la culasse, on l'allégea d'un kilogramme, et on arma de ce fusil et de la carabine le bataillon de chasseurs qui alla combattre en Afrique en 1839. (Expédition de Médéah et Milianah.) On appela ces armes ***petite carabine*** ou ***carabine de tirailleurs à la Pontcharra*** (modèle 1837), et ***grosse carabine*** ou ***fusil de rempart modèle*** 1838. La portée de la carabine parut encore trop faible en Algérie, et on lui préféra le fusil de rempart allégé, qui cependant était encore trop lourd pour la généralité des soldats.

La carabine fut modifiée à la manufacture d'armes de Châtellerault, d'après des essais dirigés par M. le colonel d'artillerie Thierry. Le nombre, la largeur, la profondeur des rayures furent changés. La balle n'eut d'abord ni calepin, ni sabot; ensuite on jugea convenable d'y revenir; deux hausses, l'une fixe, l'autre à charnière, furent adaptées au canon; on substitua à la baïonnette un sabre-baïonnette. La petite carabine, devenue à longue portée, s'appela ***carabine modèle*** 1840,

dite *de munition*. La grosse carabine allégée prit le nom de *fusil de rempart allégé modèle* 1840. On créa en même temps un modèle de fusil de rempart semblable, sans baïonnette, pour ne servir qu'à la défense des places.

Cependant une coalition de l'Angleterre, la Russie, la Prusse et l'Autriche s'était formée contre la France ; elle imposait au gouvernement français d'énergiques mesures de défense. Une ordonnance, sous la date du 10 septembre 1840, déclara d'utilité publique et d'urgence les fortifications de Paris, et, en cinq années de temps, cette grande capitale fut environnée, comme par enchantement, d'une enceinte gigantesque et d'une circonférence de forts dont le développement est de 23 lieues. Admirable et immense travail, qui fait le plus grand honneur à notre corps du génie.

En même temps, des augmentations considérables eurent lieu dans l'armée.

28 septembre 1840. - Formation de 10 bataillons de chasseurs à pied. Le bataillon de tirailleurs, créé le 22 août 1839, prenait le n° 1 (complet d'un bataillon, 1,280 hommes, officiers, sous-officiers, soldats). Ces bataillons ont reçu, le 7 juillet 1842, la dénomination de *chasseurs d'Orléans*.

20 septembre 1840. — Création, 1° de 12 régiments d'infanterie, dont 8 de ligne (du n° 68 à 75), et de 4 d'infanterie légère (du n° 22 à 25).

2° De 6 régiments de cavalerie légère : 3 de chasseurs (nos 13, 14, 15), 3 de hussards (nos 7, 8, 9).

28 et 30 septembre 1840. — Augmentation du nombre des compagnies du train des équipages et de celui des compagnies des bataillons d'ouvriers d'administration.

15 novembre 1840. — Création de 32 nouvelles batteries montées, à raison de 3 dans chacun des 6 premiers régiments et de 2 pour les 10 autres. Augmentation de 16 sur le nombre des chefs d'escadron. Création de 12 nouvelles compagnies du train du parc.

Les bataillons de chasseurs, formés le 29 septembre, furent armés des armes rayées du modèle 1840, savoir : les carabiniers du fusil de rempart allégé, les autres compagnies de la petite carabine. Ces armes, qui portaient un sabre-baïonnette, furent de nouveau modifiées et définitivement adoptées sous le nom de carabine et de fusil de rempart 1842.

8 septembre 1841. — Ordonnance du roi por-

tant organisation des cadres des divers corps de toutes armes.

(Pied de paix.)

INFANTERIE.

100 régiments d'infanterie de ligne et légère (3 bataillons, 7 compagnies dont 1 de grenadiers ou carabiniers, 1 de voltigeurs, 1 de dépôt).

10 bataillons de chasseurs à pied (8 compagnies, dont 2 de dépôt pour ceux employés en Algérie).

1 régiment de zouaves employé en Algérie, autorisé à recevoir des indigènes (3 bataillons, 9 compagnies, dont 1 de dépôt).

3 bataillons d'infanterie légère d'Afrique (10 compagnies, dont 2 de dépôt).

12 compagnies de discipline.

1 légion étrangère (2 régiments, 3 bataillons, 8 compagnies).

CAVALERIE.

2	régiments	de carabiniers,	5 escadrons.
10	—	de cuirassiers,	—
12	—	de dragons,	—
8	—	de lanciers,	—
13	—	de chasseurs,	—

9 régiments de hussards, 5 escadrons.
4 — de chasseurs d'Afrique, 6 escadrons.

ARTILLERIE.

14 régiments (10 à 15 batterie, 4 à 14) et un cadre de dépôt par régiment.
1 régiment de pontonniers de 12 compagnies.
12 compagnies d'ouvriers.
1/2 compagnie d'armuriers.
6 escadrons du train des parcs, chacun de 8 compagnies.

GÉNIE.

3 régiments (2 bataillons, 8 compagnies, 1 de mineurs, 7 de sapeurs).
1 compagnie de sapeurs-conducteurs par régiment.
2 compagnies d'ouvriers.

GENDARMERIE.

26 légions, dont 1 en Algérie.
1 bataillon de voltigeurs à 4 compagnies, employé en Corse.
1 légion de garde municipale à Paris.
1 bataillon de sapeurs-pompiers à 5 compagnies.

VÉTÉRANS.

8	compagnies	de sous-officiers.
10	—	de fusiliers.
4	—	de cavaliers.
13	—	de canonniers.
1	—	du génie.
2	—	de gendarmerie.

ADMINISTRATION.

1 bataillon (10 compagnies, 1 cadre de dépôt).

4 escadrons du train des équipages (4 compagnies actives, 1 de dépôt).

4 compagnies du train des équipages.

(Pied de guerre.)

Chacun des bataillons d'infanterie pouvait être porté à 9 compagnies; chaque régiment à 4 bataillons.

Les 54 régiments de cavalerie pouvaient être portés à 6 escadrons.

Du 8 septembre 1841 à la révolution de février 1848, l'organisation de l'armée n'a subi que des changements d'une importance secondaire. On peut signaler les dispositions suivantes (7 décembre 1841) :

Formation en Algérie d'un corps de cavalerie indigène (spahis); 3,400 hommes, 3,908 chevaux.

Formation en Algérie de 3 bataillons de tirailleurs indigènes (29 officiers, 16 indigènes; troupe, 27 français, 1,712 indigènes).

11 janvier 1842. — Réorganisation du corps des équipages militaires chargé de la construction et de la conduite des équipages.

PERSONNEL DE DIRECTION.

12 officiers, dont 1 lieutenant-colonel ou colonel, directeur de parc, et 2 chefs d'escadron.

Escadrons.

4 escadrons.

Complet d'un escadron, — (pied de paix):

33 officiers.
855 sous-officiers et soldats.
38 chevaux d'officiers.
1,079 chevaux de troupe, dont 149 pour la selle.

Complet d'un escadron, — (pied de guerre):

34 officiers.

1,108 sous-officiers et soldats.
69 chevaux d'officiers.
1,384 chevaux de troupe, dont 214 pour la selle.

Compagnies d'ouvriers.

4 compagnies.

Complet d'une compagnie :

Pied de paix.	Pied de guerre.
6 officiers.	6 officiers.
144 s.-offic. et sold.	186 s.-offic. et sold.

21 juillet. — Organisation de la cavalerie indigène créée en Algérie en 3 régiments de spahis.

31 octobre 1845. — Organisation de l'état-major du corps du génie :

30 colonels.
30 lieutenants-colonels.
100 chefs de bataillon.
150 capitaines de 1re classe.
150 — de 2e classe.
460 officiers, 600 gardes.

13 janvier 1847. — Décision qui confère à S. A. R. Mgr le duc de Montpensier le commande-

ment supérieur de l'artillerie dans le département de la Seine.

29 avril 1847. — Répartition du service de l'artillerie en 10 commandements pour l'intérieur, et un 11e pour l'Algérie.

27 janvier 1848. — Création de 2 directions d'artillerie nouvelles, à Oran et Constantine.

Création de . 2 colonels.
2 lieutenants-colonels.
2 capitaines en premier.

Cependant la France, en paix avec l'Europe, soutenait en Afrique une guerre incessante. Les expéditions des Portes-de-Fer (1839), de Médéah et Milianah (1840), la bataille d'Isly (*14 août* 1844), furent les principaux faits d'armes qui signalèrent les dernières années du règne de Louis-Philippe. Cette guerre d'Algérie, qui exerçait notre infanterie, était moins propre à mettre en relief la puissance de l'artillerie, qui cependant a donné le concours le plus efficace dans les affaires les plus importantes A l'intérieur, l'attention continuait à être appelée sur les perfectionnements des armes portatives Jusqu'alors, le système Delvigne avait servi de base à l'établissement des modèles adop-

tés. En 1844, M. le colonel d'artillerie Thouvenin, après de nombreux essais avec l'aide de M. Bombled, maître armurier du 19e de ligne, proposa de supprimer la chambre et de forcer la balle sur une tige cylindrique en acier, vissée au centre de la culasse de l'arme. Les rayures, au nombre de quatre, étaient inclinées de un tour sur 1m.23. En même temps, M. Minié, officier d'infanterie, eut l'idée de substituer aux balles sphériques jusqu'alors en usage des balles de forme cylindro-conique. De concert avec M. le colonel Thouvenin, ils proposèrent un système de carabine à tige avec balle cylindro-conique. C'est d'après ce système que fut confectionnée la carabine modèle 1846, qui devint l'arme des bataillons de chasseurs à pied.

Les fusils rayés à tige l'ont emporté de beaucoup sur les fusils ordinaires pour la justesse, la portée et la pénétration; mais le nettoyage en est difficile autour de la tige; il exige des accessoires nombreux et embarrassants.

La révolution de février 1848 avait entraîné des changements dans l'organisation de l'armée.

Le nombre des divisions militaires avait été diminué et, par suite (1er mai 1848), le nombre des commandements d'artillerie avait été réduit à 9,

dont 1 en Algérie ; le nombre des directions avait été réduit de 25 à 22.

Le 1er juin 1848, on avait décidé la suppression des cadres de dépôt dans les 14 premiers régiments d'artillerie, et l'on avait créé dans chacun des 10 premiers 1 batterie non montée, portant le n° 16; dans les 4 suivants, de 2 batteries non montées, portant les nos 15 et 16.

Il en résultait 18 batteries non montées destinées à la défense des côtes.

Effectif d'une batterie non montée.

Paix.	Guerre.
4 officiers.	4 officiers.
6 chevaux.	10 chevaux.
96 hommes.	200 hommes.

Les dénominations de généraux de division et généraux de brigade avaient été rétablies (28 février 1848).

24 bataillons de garde nationale mobile avaient été créés le 26 février 1848. Ils comprenaient 1,058 hommes par bataillon, dont 10 officiers.

8 escadrons de guides avaient été formés le 4 avril 1848 pour le service de la correspondance

et des états-majors. Chaque escadron comprenait 160 hommes, officiers compris.

Le 27 août 1848, l'état-major du génie a été composé de :

26	colonels,
26	lieutenants-colonels,
100	chefs de bataillon,
130	capitaines de 1re classe.
130	— de 2e classe.
18	lieutenants.
430	officiers en tout.

Le 31 octobre 1848, le comité d'artillerie a été reconstitué sur les bases suivantes :

1 général de division, président.
6 officiers généraux, membres.
1 colonel, secrétaire.
1 chef d'escadron, secrétaire-adjoint.

Les colonels vérificateurs de la comptabilité des arsenaux, inspecteurs des manufactures d'armes, des forges, des fonderies.

Le colonel directeur, à Paris.

Le colonel du régiment d'artillerie, à Vincennes; pouvant être appelés, au besoin, avec voix consultative.

Le 28 novembre 1848, l'état-major de l'artillerie a été réorganisé ; il devait comprendre :

31	colonels.
31	lieutenants-colonels.
35	chefs d'escadron,
112	capitaines de 1re classe.
75	capitaines en résidence fixe.
284	officiers en total.

Sous la présidence du prince Louis-Napoléon Bonaparte, on réorganisa (le 1er février 1849) la garde républicaine, dont l'effectif fut fixé à 2,400 hommes, et réduit provisoirement à 1,819 d'infanterie et 311 de cavalerie.

En 1849 eut lieu l'expédition d'Italie et le siége de Rome, sous les ordres des généraux Oudinot et Vaillant.

Le 27 avril 1850, le bataillon de sapeurs-pompier de la ville de Paris fut licencié et réorganisé.

(Effectif : 819 officiers, sous-officiers, caporaux et sapeurs-pompiers.)

Le 25 mai 1850, les 5e et 6e escadron du train furent supprimés.

Le 20 décembre 1851, on rétablit 21 divisions militaires.

Le 15 janvier 1852, on fixa à 11 les commandements d'artillerie : 10 pour l'intérieur, 1 pour l'Algérie ; on porta à 26 le nombre des directions, pour d'artillerie : 22 pour l'intérieur, 1 pour la Corse, 3 pour l'Algérie.

On peut rappeler, en passant, 2 siéges meurtriers qui eurent lieu en Algérie, celui de *Zaatcha*, prise le 1er avril 1851 et celui de *Laghouat*, prise le 4 décembre 1852.

Le 13 février 1852, on a porté à 3 le nombre des régiments de zouaves, en se conformant aux bases posées par l'ordonnance du 8 septembre 1841, constitutive des cadres de l'armée.

On a statué que les 3 bataillons de tirailleurs, formés le 7 décembre 1841, seraient composés de 8 compagnies, et que la force des escadrons de spahis serait élevée à :

200 hommes dans la province de Constantine;
180 — dans la province d'Alger ;
175 — dans la province d'Oran.

23 octobre 1852. — Les 2 escadrons de guides ont été licenciés. On a formé un régiment de guides à 6 escadrons. (63 officiers, 1,140 sous-officiers et soldats ; 89 chevaux d'officiers, 960 chevaux de troupe.)

20 novembre 1853. — Formation de 10 nouveaux bataillons de chasseurs à pied à 10 compagnies, prenant les nos de 11 à 20. On a augmenté en même temps de 2 compagnies (9e et 10e) les anciens bataillons.

Les inconvénients signalés précédemment dans l'organisation du personnel de l'artillerie avaient constamment fixé l'attention. D'un autre côté, elle avait été appelée également sur d'importants changements dans le matériel, proposés par S. M. l'empereur Napoléon III, et ayant pour objet essentiel de simplifier ce matériel, en réduisant le nombre des calibres de campagne et des diverses espèces de projectiles.

Après de nombreux essais effectués dans toutes les écoles, il a été décidé, le 8 janvier 1853 :

1° Que le canon de 8 et l'obusier de 15 c. seraient remplacés, dans les batteries de division, par le canon-obusier de 12, pesant 600 à 620 kilos, et tirant le boulet de 12 à la charge du quart, 1 k. 500, et l'obus de 12 à la charge de 1 k. 225.

2° Comme mesure transitoire, que le canon de 8 foré au calibre de 121 mm., serait utilisé temporairement pour les batteries de division tirant le boulet de 12 et l'obus de 12 à la charge de 1 k. 225.

et que cette pièce serait désignée par la dénomination de canon-obusier de 12 léger.

3 Que les batteries de réserve servies par l'artillerie à cheval se composeraient, ainsi que les batteries de division, de canons-obusiers de 12.

4° Que l'on maintiendrait pour les batteries de réserve servies par l'artillerie à pied le canon de 12 tirant à la charge du tiers du poids du boulet, et l'obusier de 16 c.

Quant à l'organisation du personnel, on a cherché à remédier aux inconvénients signalés, par un décret, sous la date du 14 février 1854. A cet effet, on a constitué autant d'espèces de régiments que de modes spéciaux de service, savoir :

1° Artillerie à cheval ou légère, destinée à manœuvrer avec la cavalerie et à jouer un grand rôle dans les réserves.

2° Artillerie montée ou de ligne, destinée à manœuvrer avec les divisions d'infanterie et à servir une partie des batteries de réserve.

3° Artillerie à pied ou de réserve, destinée à concourir à l'attaque et défense des places, au service des parcs d'armée et à celui d'une autre partie des batteries de réserve qui marchent avec ces

parcs, notamment celles de 12 et obusiers de 16 c., enfin à celui des batteries de fusées et de montagne.

On a cherché à simplifier la complication résultant de la juxta-opposition de 2 corps différents, et on a incorporé le train dans l'artillerie. Les compagnies de ce train ont été transformées en 40 compagnies de canonniers-conducteurs, sous la dénomination de *batteries de parc*, et placées dans les régiments à pied ou de pontonniers. On a pensé que cette réunion dans un même régiment et avec la même tenue de canonniers-servants et conducteurs donnerait la plus grande facilité pour l'exécution des écoles de tir, pour les mouvements du matériel, et permettrait aux officiers appelés à servir alternativement dans tous les régiments, de s'entretenir dans la connaissance et la pratique du cheval.

L'organisation de 1829 avait stipulé qu'il y aurait dans chaque batterie, sur le pied de guerre, 1 adjudant, 2 fourriers au lieu de 1, et 8 brigadiers au lieu de 6.

Il en résultait que, lors du passage du pied de paix au pied de guerre, on était entraîné à faire une promotion simultanée de plusieurs sous-offi-

ciers et brigadiers avec un nombre de candidats insuffisant.

D'un autre côté, lors du retour au pied de paix, l'avancement devait être longtemps paralysé par un trop-plein de grades. D'après la nouvelle organisation, les cadres des batteries doivent être permanents.

L'accroissement de l'effectif est réglé de telle manière qu'à l'instar de toutes les autres armes, l'artillerie puisse agir au premier ordre par batteries, et non, comme précédemment, par détachements souvent formés à l'improviste. Pour le pied de paix, chaque batterie montée ou à cheval doit pouvoir atteler 9 voitures, pour suffire à un service accidentel à l'intérieur; mais lorsqu'il doit être permanent ou de quelque durée, la batterie constituée au pied de rassemblement doit être en mesure de servir 18 voitures, 6 pièces et 12 caissons d'approvisionnement. Enfin, au pied de guerre, l'effectif en hommes, surtout en canonniers-servants, est augmenté, pour que le service ne puisse se trouver compromis.

Telles sont les principales bases qui ont présidé à la rédaction du décret du 14 février 1854, qui

constitue le personnel de l'artillerie de la ma
suivante :

5 régiments d'artillerie à pied, comprenan
cun 12 batteries à pied, 6 batteries de parc, 1
de dépôt monté, 1 peloton hors rang.

Effectif d'un régiment.

	paix.	g
Officiers,	92	
Sous-officiers et soldats,	1,721	3,4
Chevaux d'officiers,	142	2
Chevaux de selle de troupe,	84	1
Chevaux de trait,	240	1,2

1 régiment d'artillerie pontonnière, compr
12 compagnies de canonniers-pontonniers, 4
pagnies de canonniers-conducteurs, 1 cadre d
pôt monté, 1 peloton hors rang.

	paix.	gu
Officiers,	84	
Sous-officiers et soldats,	1,577	2,3
Chevaux d'officiers,	130	2
Chevaux de selle de troupe,	60	
Chevaux de trait,	160	8

7 régiments montés, comprenant 15 bat

montées, 1 cadre de dépôt monté, 1 peloton hors rang.

Effectif des 7 régiments.

	paix.	guerre.
Officiers,	616	616
Sous-officiers et soldats,	13,454	35,214
Chevaux d'officiers,	973	1,533
Chevaux de selle de troupe,	2,170	2,695
Chevaux de trait,	4,200	18,900

4 régiments à cheval, comprenant 8 batteries à cheval, 1 cadre de dépôt monté, 1 peloton hors rang.

Effectif des 4 régiments.

	paix.	guerre.
Officiers,	224	226
Sous-officiers et soldats,	4,236	7,692
Chevaux de selle d'officiers,	356	548
Chevaux de selle de troupe,	2,052	3,588
Chevaux de trait,	1,280	4,992

12 compagnies d'ouvriers d'artillerie.

Effectif des 12 compagnies.

	paix.	guerre.
Officiers,	48	48
Sous-officiers et soldats,	840	1,200
Chevaux d'officiers,		120

5 compagnies d'armuriers, organisées successivement suivant les besoins, dont une seule maintenue jusqu'à nouvel ordre.

	Pied de guerre.
Officiers,	4
Sous-officiers et soldats,	100
Chevaux d'officiers,	10

5 compagnies de vétérans maintenues provisoirement.

Tableau général du personnel de l'artillerie.

85	batteries à pied.	
40	*id.*	de parc.
112	*id.*	montées.
36	*id.*	à cheval.
273		

1,323 officiers de troupe.

28,812 hommes (pied de paix).
4,702 chevaux de selle, *id.*
6,840 chevaux de trait, *id.*

53,692 hommes (pied de guerre).
7,069 chevaux de selle, *id.*
30,662 chevaux de trait, *id.*

État-major.

8 généraux de division.
16 généraux de brigade.

31 colonels.
33 lieutenants-colonels.
41 chefs d'escadron.
115 capitaines de 1re classe.
15 capitaines de 2e classe.
80 capitaines en résidence fixe.

315 officiers.
1,323 officiers de troupe.

1,638 en tout.

833 employés, gardes artificiers, ouvriers d'État, gardiens de batterie.

147 employés civils, contrôleurs.

C'est à peu près à cette époque qu'éclata la guerre de Crimée. L'embarquement des troupes françaises commença au printemps de 1854. Le débarquement s'effectua à Gallipoli.

Des augmentations eurent lieu dans l'armée.

On forma (20 avril 1854) un 6e escadron dans chacun des 53 régiments de cavalerie, qui n'en comptaient que 5.

On créa (9 mars 1854) un régiment
algériens, comprenant 2 bataillons à 9
chacun.

Effectif.

103 officiers dont, 67 Français.
2,747 sous-officiers et soldats, dont 227

Le 10 octobre 1855, on a porté à 3 l
des régiments de tirailleurs algériens
vent comprendre chacun 3 bataillons de 6
gnies; l'un de ces regiments est à Alger
Oran, le 3e à Constantine.

Chaque régiment comporte l'effectif suiv

106 officiers, dont 70 Français.
4,059 hommes de troupe, dont 279 França

Le 24 mars 1854. — Organisation d'un cor
cavalerie d'elite, sous la dénomination d'esca
des cent gardes à cheval. Ce corps compren
officiers, dont 1 lieutenant-colonel ou 1 chef d
cadron commandant, et 137 sous-officiers et
dats.

Une nouvelle organisation a été donnée à
corps en avril 1858. Il est composé de 2 compa
gnies, sous le commandement de 1 colonel, lieu-



tenant-colonel ou chef d'escadron, et de 221 officiers, sous-officiers et soldats.

Un décret, sous la date du 1er mai 1854, dont les considérants sont basés sur l'importance des réserves aux armées, a décidé l'organisation d'une garde impériale ; cette garde formait d'abord une division mixte, composée de la manière suivante :

1 général de division commandant.
3 généraux de brigade.
1 intendant.
1 colonel chef d'état-major.

INFANTERIE.

1re brigade.

2 régiments de grenadiers, à 3 bataillons.

2e brigade.

2 régiments de voltigeurs, à 3 bataillons.
1 bataillon de chasseurs.

BRIGADE DE CAVALERIE.

1 régiment de cuirassiers, à 6 escadrons.
1 régiment de guides, à 6 escadrons.

GENDARMERIE.

1 régiment, à 2 bataillons.

ARTILLERIE.

1 régiment à cheval de 5 batteries et 1 cadre de dépôt.

GÉNIE.

1 compagnie.

Le 17 février 1855, un régiment d'artillerie à pied a été créé dans la garde impériale. Sa composition est réglée ainsi qu'il suit : 1 état-major, 1 peloton hors rang, 6 batteries à pied, 6 batteries de parc, 1 cadre de dépôt monté.

Effectif.

Pied de paix.	Pied de guerre.
60 officiers.	66 officiers.
1,622 s.-offic. et soldats.	2,276 s.-offic. et soldats.
162 chevaux d'offic.	162 chevaux d'offic.

Troupe.

142	—	de selle.	154	—	de selle.
180	—	de trait,	1,200	—	de trait,

Un décret, également du 17 février 1855, a statué que les troupes du génie de la garde formeraient

2 compagnies de sapeurs, composées chacune de 3 officiers et 156 sous-officiers et soldats.

Le 23 décembre 1854, on a créé dans la garde impériale 1 régiment de zouaves, comprenant 2 bataillons, chacun de 7 compagnies.

On a, à peu près à cette époque, envoyé en Crimée une brigade expéditionnaire de la garde impériale.

27 février 1855. — Augmentation des cadres de la garde impériale. Création : 1° d'un 3e bataillon dans le régiment de gendarmerie ; 2° d'un 4e bataillon dans chaque régiment de grenadiers ou de voltigeurs (6 compagnies par bataillon).

Enfin, le 20 décembre 1855, après la campagne, la garde impériale a été réorganisée sur une plus grande échelle.

ÉTAT-MAJOR GÉNÉRAL.

1 général de division, commandant en chef.

3 généraux de division, commandant les divisions d'infanterie et de cavalerie.

1 général de brigade ou un colonel, chef d'état-major général.

1 général de brigade, commandant l'artillerie.

7 généraux de brigade, commandant les brigades d'infanterie et de cavalerie.

TROUPE.

1re DIVISION D'INFANTERIE.

1re brigade.

1 régiment de gendarmerie, à 3 bataillons.
1er régiment de grenadiers, à 4 bataillons.
1 régiment de zouaves, à 2 bataillons.

2e brigade.

2e et 3e régiments de grenadiers, à 4 bataillons chacun.

2e DIVISION D'INFANTERIE.

1re brigade.

1er et 2e régiments de voltigeurs, à 4 bataillons.
1 bataillon de chasseurs.

2e brigade.

3e et 4e régiments de voltigeurs, à 4 bataillons.

DIVISION DE CAVALERIE.

1re brigade.

Gendarmerie, 1 escadron.

1er et 2e régiments de cuirassiers, chacun à 6 escadrons.

2e brigade.

1 régiment de dragons, à 6 escadrons.

1 régiment de lanciers, à 6 escadrons.

3e brigade.

1 régiment de chasseurs à cheval, à 6 escadrons.

1 régiment des guides, à 6 escadrons.

ARTILLERIE.

1 régiment d'artillerie à pied.

1 régiment d'artillerie à cheval, comprenant 8 batteries et 2 cadres de dépôt.

GÉNIE.

1 division comprenant 2 compagnies.

TRAIN DES ÉQUIPAGES.

1 escadron composé de 3 compagnies.

Le 9 janvier 1856, on a créé à Versailles une école d'artillerie pour la garde impériale.

Un décret du 24 octobre 1854, a réuni les régiments d'infanterie légère aux régiments d'infanterie de ligne.

Les 25 régiments d'infanterie légère doivent prendre les numéros de 76 à 100.

L'infanterie légère doit se composer à l'avenir des bataillons de chasseurs à pied.

7 mars 1855. — Le cadres de l'état-major général et celui du corps de l'état-major ont été augmentés.

	Augmentation.	Nombre définitif.
Généraux de division,	10	90
Généraux de brigade,	20	180
CORPS D'ÉTAT-MAJOR.		
Colonels,	5	35
Lieutenants-colonels,	5	35
Chefs d'escadron.	10	110
Capitaines.	30	330
Lieutenants (pour mémoire).	»	100

24 mars 1855. — Création dans chaque régiment d'infanterie d'un 4e bataillon, comprenant 6 compagnies de fusiliers. Les trois 1ers bataillons sont composés chacun de 1 compagnie de grenadiers, 4 de fusiliers et 1 de voltigeurs.

2 avril 1855. — Création de 2 nouveaux régiments d'infanterie de ligne (nos 101 et 102).

27 juin 1856. — Création d'un 7e et d'un 8e escadron, dans chacun des 4 régiments de chasseurs d'Afrique.

14 août 1855. — Création de 2 nouveaux bataillons de chasseurs à pied, qui doivent prendre les nos 21 et 22.

La campagne de Crimée s'est terminée par la prise de Sébastopol (8 septembre 1855). Les batailles de l'Alma (20 septembre 1854), d'Inkermann (5 novembre 1854), de Tracktir (août 1855) ; le siége de cette place, si vaillamment défendue, ont montré l'armée française à hauteur de sa réputation.

Cependant les épreuves continuaient à l'intérieur. M. Minié, et plus tard M. Nessler, tous deux chefs de bataillon d'infanterie, ont eu l'idée de supprimer la tige et d'employer des balles évidées à l'arrière, dans lesquelles le forcement s'opérait de lui-même par l'action des gaz. Les balles pesaient beaucoup moins que les précédentes, et leur poids a varié de 36 grammes à 38 grammes 1/2 et 39 grammes au lieu de 50.

Ces balles ont servi de base : 1° au modèle 1854 adopté pour les régiments d'infanterie de la garde impériale, canon rayé, 4 rayures progressives,

baguette évidée en calotte sphérique ; 2° au fusil modèle 1857, canon rayé réduit à la longueur du fusil de voltigeurs, 1 m. 029, 4 rayures de 0 mm. 2 de profondeur uniforme, baguette à tête plate. La longueur du canon étant diminuée, par contre la baïonnette doit être allongée et avoir 51 centimètres au lieu de 46.

Les épreuves faites en 1853 et 1854 ont démontré que la justesse du tir avec les fusils lisses est quatre fois et demi moindre qu'avec les fusils sans tige et à balle évidée, et que ceux-ci sont supérieurs aux fusils à tige modèle 1853 (calibre 17 mm. 8).

Il y a lieu de dire un mot d'un fusil *établi en* 1854, pour les cent-gardes, par M. le *lieutenant-*colonel d'artillerie Treuille de Beaulieu. Ce fusil se charge par la culasse. La cartouche y étant introduite, le choc d'une espèce de verrou, qui se meut de bas en haut, contre une tige métallique fixée à l'arrière de cette cartouche, met le feu à une amorce fulminante logée derrière la poudre.

Le rétablissement de la paix, après la glorieuse campagne de Crimée, a motivé des réductions dans l'armée. Elles ont été stipulées par les décrets suivants .

5 avril 1856. — Licenciement du 4e régiment de chasseurs d'Afrique ; 3 mai 1856, suppression des 7e et 8e escadrons dans les trois régiments restant.

16 avril 1856. — Licenciement des 1re et 2e légions étrangères et création de 2 régiments étrangers. Dissolution des 101e et 102e régiments d'infanterie de ligne et du 4e bataillon de tous les régiments d'infanterie. Réorganisation de 100 régiments d'infanterie à 3 bataillons, comprenant chacun 8 compagnies au lieu de 6.

19 avril 1856. — Licenciement des 21e et 22e bataillons de chasseurs à pied.

4 mai 1856. — Licenciement du 9e régiment de hussards.

6 décembre 1856. — Licenciement de la 5e compagnie d'ouvriers constructeurs, du 6e escadron du train.

Par décret du 31 octobre 1857, les sapeurs-pompiers de Paris ont été réorganisés. Ce corps doit comprendre 917 hommes, y compris 28 officiers.

Enfin deux décrets, l'un du 26 janvier, l'autre du 13 février 1858, ont divisé l'Empire en cinq grands commandements, sous les ordres de cinq maréchaux. Les centres de ces commandements sont Paris, Nancy, Lyon, Toulouse et Tours.

Nous venons de présenter aussi rapidement que possible les changements opérés dans l'artillerie et subsidiairement dans l'armée française, à partir de l'origine de la monarchie jusqu'à l'époque actuelle. Depuis le terme des guerres de l'Empire, cette armée a été tenue en haleine par les expéditions d'Espagne, de Morée, d'Anvers, de Rome, et d'une manière plus continue par suite de la conquête de l'Algérie. La campagne de Crimée a montré que nos soldats étaient les dignes émules de ceux du premier Empire. Ils ont montré la même intrépidité au feu et la même énergie pour supporter les fatigues et les privations. L'organisation de nos troupes s'est de plus en plus améliorée. Elles ont été exercées au tir ; les armes à feu portatives ont fait de grands progrès, tant pour la justesse de tir que pour la portée. Le matériel d'artillerie a été simplifié et rendu plus mobile ; mais l'artillerie a une nouvelle tâche à remplir, celle de mettre la portée des bouches à feu en rapport avec les perfectionnements obtenus dans le tir des fusils et des carabines. La solution de ce problème doit entraîner un changement radical dans le mode d'emploi de l'artillerie et une révolution dans l'art de la guerre.

DU MOUVEMENT DES PROJECTILES

DANS

LES MILIEUX RÉSISTANTS.

Par le comte PAUL DE SAINT-ROBERT, major de l'artillerie sarde.

TRADUIT DE L'ITALIEN.

—

(Voir le tome IX du *Journal des Armes spéciales.*)

CHAPITRE II.

DU MOUVEMENT RECTILIGNE DES PROJECTILES DANS LES MILIEUX RÉSISTANTS.

III. Avant de s'occuper du mouvement curviligne, il convient de considérer le cas particulier et plus simple du mouvement rectiligne.

Le chemin parcouru par un projectile dans un milieu résistant est rectiligne dans deux cas distincts.

1° Quand la perte de poids, éprouvée par le projectile plongé dans le milieu, est égale à son

poids, comme il a été déjà indiqué plus haut (N° II).

On en trouve un exemple dans le mouvement horizontal d'un corps flottant sur un liquide en repos.

2° Quand la vitesse du projectile, en un point quelconque de son trajet, est verticale, qu'elle soit dirigée de bas en haut ou inversement. En effet, les deux forces qui sollicitent alors le mobile, à savoir la pesanteur et la résistanee, ont continuellement la même direction verticale, le mobile ne pourra donc s'éloigner de cette direction.

Commençons par le premier cas. L'équation du mouvement est, en conservant les dénominations précédentes :

$$\frac{du}{dt} = -r.$$

Quand la valeur de la résistance r est donnée, ainsi que la vitesse initiale du projectile, on pourra toujours, au moyen de cette équation, déterminer complétement le mouvement.

En pratique, la résistance dépend de la valeur de la vitesse u et peut être regardée comme une fonction connue de cette vitesse.

Je poserai donc

$$r = F(u).$$

D'où

$$\frac{du}{dt} = -F(u);$$

d'où l'on tire :

$$dt = -\frac{du}{F(u)},$$

et multipliant par u

$$u\,dt = ds = -\frac{u\,du}{F(u)}.$$

Intégrant depuis l'instant où la vitesse est u_0, jusqu'à celui où elle acquiert la valeur u, on a les expressions :

$$t = -\int_{u_0}^{u} \frac{du}{F(u)} = \int_{u}^{u_0} \frac{du}{F(u)},$$

$$s = -\int_{u_0}^{u} \frac{u\,du}{F(u)} = \int_{u}^{u_0} \frac{u\,du}{F(u)},$$

du temps nécessaire pour passer de la vitesse u_0 à la vitesse u, et de l'espace parcouru pendant cette

période de temps. Une particularité, qui caractérise la résistance, c'est qu'elle n'a d'effet que quand le mobile a une vitesse finie, et que son action cesse, quand la vitesse devient nulle. Si donc un mobile sollicité seulement par la résistance perd toute sa vitesse à un moment quelconque, il doit s'arrêter tout à coup et rester indéfiniment en repos.

La durée du mouvement et l'espace parcouru jusqu'à l'extinction de la vitesse sont donnés par les expressions suivantes :

$$T=\int_0^{u_0}\frac{du}{F(u)},$$

$$S=\int_0^{u_0}\frac{u\,du}{F(u)}.$$

Ces valeurs de T et S peuvent être finies ou infinies, suivant la nature de la fonction qui représente la résistance.

Soit par exemple :

$$F(u)=Au^n,$$

qui signifie que la résistance est proportionnelle

à une puissance quelconque de la vitesse ; on obtiendra après l'intégration, pour le temps et l'espace :

$$(1-n)At = u_0^{1-n} - u^{1-n},$$

$$(2-n)As = u_0^{2-n} - u^{2-n}.$$

Pour avoir le temps jusqu'au moment où la vitesse est anéantie, et l'espace correspondant, il suffit de faire $u=0$ et l'on trouve

$$(1-n)AT = u_0^{1-n} - 0^{1-n},$$

$$(2-n)AS = u_0^{2-n} - 0^{2-n},$$

Si $n<1$, le temps et l'espace sont finis, c.-à-d. que le projectile perd toute sa vitesse et s'arrête après un temps fini et après avoir parcouru un espace limité.

Si $n=1$, l'équation qui donne le temps, devient

$$At = l\left(\frac{u_0}{u}\right),$$

et nous montre que pour $u=0$, $T=\infty$. Au con-

traire, l'espace S est fini. Donc quand $n=1$, quoique la vitesse ne puisse s'annuler qu'après un temps illimité, néanmoins l'espace parcouru par le projectile est limité et ne saurait excéder $\frac{u_0}{A}$.

Si $n > 1$ et < 2, on a encore une durée infinie et un espace fini.

Si $n = 2$, on a $T = \infty$, l'équation qui donne l'espace se change en

$$As = l\left(\frac{u_0}{u}\right);$$

et pour $u = 0$, $S = \infty$. Ainsi le temps et l'espace, jusqu'à l'annihilation de la vitesse, sont tous deux infinis.

Si $n > 2$, le temps et l'espace sont encore tous deux infinis.

Il résulte de cette discussion que dans l'*hypothèse de la résistance proportionnelle à une puissance n de la vitesse, le temps et l'espace jusqu'à la cessation du mouvement sont tous deux finis pour* $n < 1$; *le premier est infini et le second fini pour* $n \geqq 1$ *et* < 2; *ils sont tous deux infinis pour* $n \geqq 2$.

Toutes les fois que la vitesse initiale est infinie, le temps nécessaire pour la réduire à une vitesse

finie, et l'espace parcouru pendant ce temps, sont donnés par les deux équations :

$$(1-n)At = \infty^{1-n} - u^{1-n},$$

$$(2-n)As = \infty^{2-n} - u^{2-n}.$$

Il est clair que si $n \leqq 1$, le temps et l'espace sont tous deux infinis ; si $n > 1$ et $\leqq 2$, le temps est fini et l'espace infini ; si $n > 2$, le temps et l'espace sont tous deux finis.

Ainsi, quand la résistance est d'un degré supérieur au premier, mais inférieur au second, on arrive à ce paradoxe d'un espace infini parcouru pendant un temps fini, paradoxe qui s'explique d'ailleurs facilement par l'hypothèse d'une vitesse initiale infinie.

Remarquons que le temps et l'espace nécessaires pour annuler une vitesse infinie sont en tous cas infinis tous deux.

Supposons maintenant plus généralement

$$F(u) = Au^{\alpha} + Bu^{\beta} + Cu^{\gamma} \ldots\ldots + Mu^{\mu},$$

dans laquelle

$$\alpha < \beta < \gamma < \ldots\ldots < \mu.$$

Le temps et l'espace, jusqu'à la cessation du mouvement, sont

$$T=\int_0^{u_0}\frac{du}{Au^\alpha+Bu^\beta+Cu^\gamma+\ldots\ldots+Mu^\mu},$$

$$S=\int_0^{u_0}\frac{u\,du}{Au^\alpha+Bu^\beta+Cu^\gamma+\ldots\ldots+Mu^\mu},$$

qui peuvent se mettre sous la forme

$$T=\int_0^{u_0}\frac{1}{A+Bu^{\beta-\alpha}+\ldots\ldots\ldots+Mu^{\mu-\alpha}}\cdot\frac{du}{u^\alpha},$$

$$S=\int_0^{u_0}\frac{1}{A+Bu^{\beta-\alpha}+\ldots\ldots\ldots+Mu^{\mu-\alpha}}\cdot\frac{du}{u^{\alpha-1}},$$

où les exposants $\beta-\alpha,\ldots\ldots,\mu-\alpha$ sont nécessairement positifs.

Entre les limites de l'intégration, la fonction

$$\frac{1}{A+Bu^{\beta-\alpha}+\ldots\ldots\ldots+Mu^{\mu-\alpha}}$$

conserve une valeur finie. En désignant par K une

moyenne entre les valeurs de cette fonction pour les valeurs de u comprises entre les limites $u=0$, $u=u_0$, on a en vertu d'un théorème de calcul intégral facile à démontrer

$$T=K\int_0^{u_0}\frac{du}{u^\alpha},$$

ainsi que

$$s=K'\int_0^{u_0}\frac{du}{u^{\alpha-1}}.$$

(K' est une moyenne différente de K).

La première intégrale est finie si $\alpha<1$, et infini, si $\alpha \geqq 1$; la seconde est finie, si $\alpha<2$, et infini, si $\alpha \geqq 2$.

Néanmoins, les conclusions déjà trouvées, relatives au temps nécessaire pour éteindre la vitesse initiale, et à l'espace parcouru correspondant, restent les mêmes, quand la résistance est exprimée par une fonction algébrique quelconque de la vitesse, et dépendent du plus faible exposant contenu

dans la fonction. Puisque l'expérience nous apprend que les corps qui se meuvent sur une surface plane solide, ou qui flottent sur un liquide s'arrêtent après un temps limité, on pourrait en conclure que la fonction de la vitesse qui, dans de pareils cas représente la résistance, doit contenir un terme de degré inférieur au premier.

Pour avoir le temps et l'espace nécessaires pour réduire une vitesse infinie à une vitesse finie, il suffira de mettre u^{μ} en facteur commun, et de raisonner comme ci-dessus. On arrivera aux mêmes conclusions que si la résistance était exprimée par le seul monôme qui renferme le plus fort exposant.

Ainsi soit $\alpha < 1$ et $\mu > 1$, le temps nécessaire pour annuler une vitesse infinie sera limité, et soit $\alpha < 2$ et $\mu > 2$, l'espace parcouru sera fini.

IV. Passons maintenant au mouvement vertical qui peut être ascensionnel ou inversement. Dans le premier cas, la force qui agit sur le projectile est la somme de la pesanteur et de la résistance; dans le dernier, elle en est la différence.

Donc ces deux mouvements sont distincts et ne peuvent être compris dans la même formule.

Dans le mouvement vertical ascendant, qui a pour équation :

$$\frac{du}{dt} = -g - F(u),$$

le signe constamment négatif de $\frac{du}{dt}$ nous fait voir que la vitesse u va toujours en diminuant de bas en haut jusqu'à devenir nulle.

Au moment où $u = 0$, la résistance, en vertu de sa nature, cesse d'agir, et le mobile qui n'est plus sollicité que par la pesanteur, tend à descendre et descendra effectivement, si la résistance, qui reprend son action dans le sens opposé, peut être vaincue par le poids relatif du mobile.

Arrivé donc à sa plus grande hauteur, le mobile retombera, si $F(u)$, qui exprime la résistance, atteint pour $u = 0$ une valeur inférieure à g, il s'arrêtera au contraire, si pour $u = 0$, elle prend une valeur $\geqq g$.

Si on a en même temps $t = 0$, $s = 0$, $u = u_0$, le temps et l'espace dans l'ascension sont donnés par les expressions :

$$t = \int_u^{u_0} \frac{du}{g + F(u)},$$

$$s = \int_{u}^{u_0} \frac{u\,d\,u}{g + F(u)}.$$

La durée T de l'ascension totale et de son élévation S s'obtiennent en faisant $u = 0$, d'où :

$$T = \int_{0}^{u_0} \frac{d\,u}{g + F(u)},$$

$$S = \int_{0}^{u_0} \frac{u\,d\,u}{g + F(u)},$$

Ou si l'on suppose la vitesse initiale infinie, le temps et l'espace exigés pour l'éteindre sont :

$$T = \int_{0}^{\infty} \frac{d\,u}{g + F(u)};$$

$$S = \int_{0}^{\infty} \frac{u\,d\,u}{g + F(u)}.$$

Ces intégrales sont tantôt infinies, tantôt finies, suivant la nature de la fonction $F(u)$.

Supposons que $F(u)$ soit une fonction du degré n, c'est-à-dire soit telle que la fonction $\frac{F(u)}{u^n}$ con-

verge vers une quantité finie quand u converge vers l'infini.

Appelons u_1 une valeur finie et particulière de u, comprise entre 0 et ∞, les intégrales ci-dessus peuvent se décomposer de la manière suivante :

$$T=\int_0^{u_1}\frac{du}{g+F(u)}+\int_{u_1}^{\infty}\frac{du}{g+F(u)},$$

$$S=\int_0^{u_1}\frac{u\,du}{g+F(u)}+\int_{u_1}^{\infty}\frac{u\,du}{g+F(u)}.$$

Il est évident que les intégrales entre $u=0$ et $u=u_1$ sont finies ; quant à celles entre $u=u_1$ et $u=\infty$, elles s'écrivent ainsi :

$$\int_{u_1}^{\infty}\frac{1}{\frac{g}{u^n}+\frac{F(u)}{u^n}}\cdot\frac{du}{u^n},$$

$$\int_{u_1}^{\infty}\frac{1}{\frac{g}{u^n}+\frac{F(u)}{u^n}}\cdot\frac{du}{u^{n-1}}.$$

L'expression fractionnaire

$$\frac{1}{\frac{g}{u^n}+\frac{F(u)}{u^n}}$$

entre les limites $u = u_1$ et $u = \infty$ conserve toujours une valeur finie. Donc, une moyenne entre les différentes valeurs qu'elle prend dans les dites limites est également finie. Maintenant que l'on mette les deux intégrales sous la forme :

$$K\int_{u_1}^{\infty}\frac{du}{u^n},$$

$$K'\int_{u_1}^{\infty}\frac{du}{u^{n-1}},$$

il ressort que T *est infini si* $n \leqq 1$, *et fini si* $n > 1$; *et que* S *est infini si* $n \leqq 2$, *et fini si* $n > 2$.

De ces réflexions il résulte que, si la résistance de l'air suit une loi d'un degré supérieur au carré de la vitesse, on pourrait, suivant la grandeur du coefficient, déterminer entre les bornes de l'atmosphère terrestre une hauteur limite au delà de laquelle notre artillerie ne pourrait plus lancer de

projectiles, tout en admettant des moyens de projection très-puissants et même capables d'imprimer au projectile une vitesse initiale infinie (1).

---

(1) Pour avoir la valeur exacte de la hauteur qu'atteint un projectile dans l'atmosphère, il convient de remarquer que la densité de l'air ainsi que la pesanteur diminuent à mesure que le projectile s'élève. En tenant compte de ces deux influences on a, pour la pesanteur, le poids d'un volume d'air égal à celui du projectile et la résistance correspondants à la hauteur s,

$$G\left(\frac{r}{r+s}\right)^2, \qquad \Pi e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}, \qquad Re^{-\frac{rs}{k(r+s)}},$$

dans lesquels r représente le rayon de la terre; G la pesanteur à sa surface; k, un coefficient égal à la pression de l'air sur l'unité de surface divisée par le poids de l'unité de volume d'air.

On a donc pour l'équation différentielle du mouvement ascendant du projectile :

$$\frac{du}{dt} = -G\left(\frac{r}{(r+s)}\right)^2 \cdot \frac{P - \Pi e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}}{P + \lambda \Pi e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}} - G\frac{Re^{-\frac{rs}{k(r+s)}}}{P + \lambda \Pi e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}}.$$

Sans intégrer cette équation, on peut arriver aux mêmes conclusions que plus haut, pour le temps et l'espace capables d'annuler une vitesse initiale infinie. A cet effet, que l'on divise la hauteur en deux parties : la première, depuis la vitesse infinie jusqu'à une vitesse finie; la seconde, depuis cette dernière jusqu'à la vitesse zéro; que dans la première partie on fasse abstraction de la pesanteur et qu'on ne considère que la résistance de l'air ;

La hauteur maxima à laquelle puisse s'élever un projectile et le temps employé à l'atteindre, peuvent s'obtenir en termes finis dans le cas d'une résis-

---

que dans la seconde partie, au contraire, négligeant la résistance de l'air, on ne tienne compte que de la pesanteur; il est évident que la somme des deux hauteurs, ainsi obtenues, sera plus grande que la véritable hauteur que devra atteindre le projectile. Si maintenant on trouve pour résultat une quantité finie, on pourra en conclure qu'il en est de même de la véritable hauteur. Pareil raisonnement s'appliquerait au temps.

Soit s_1 l'espace parcouru pour passer de $u = \infty$ à $u = u_1$; on determinera s_1 au moyen de l'équation

$$\frac{u\,du}{dt} = -G\frac{Re^{-\frac{rs}{k(r+s)}}}{P+\lambda\Pi e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}}.$$

Ne recherchant que la limite supérieure de l'espace, il est clair qu'on peut substituer au second nombre (en négligeant le signe) une quantité qui soit constamment plus faible.

Or

$$\frac{1}{P+\lambda\Pi} < \frac{1}{P+\lambda\Pi e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}};$$

On pourra donc calculer s_1 au moyen de l'équation

$$\frac{u\,du}{ds} = -G\frac{Re^{-\frac{rs}{k(r+s)}}}{P+\lambda\Pi},$$

tance proportionnelle à une puissance quelconque de la vitesse. En effet posons :

$$F(u) = Au^n ,$$

Puis écrivant comme plus haut

$$G\frac{R}{P+\lambda\Pi} = (Fu),$$

au moyen de l'équation

$$\frac{u\,du}{ds} = -F(u)e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}.$$

on tire

$$s_1 = \int_{u_1}^{\infty} \frac{e^{\frac{rs}{k(r+s)}}u\,du}{F(u)}.$$

L'exponentielle dans les limites de l'intégration ayant toujours une valeur finie, on démontre en raisonnant, comme nous l'avons déjà fait antérieurement, que s_1 est fini, quand le degré de F (u) est supérieur à deux.

Désignant par s_2 l'espace nécessaire pour passer de $u = u_1$ à $u = 0$, il sera fourni par l'équation :

$$\frac{u\,du}{ds} = -G\left(\frac{r}{r+s}\right)^2 \cdot \frac{P - \Pi e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}}{P + \Pi\lambda e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}};$$

On a les intégrales définis :

$$T = \int_0^\infty \frac{du}{g + Au^n},$$

$$S = \int_0^\infty \frac{u\,du}{g + Au^n};$$

---

et puisque

$$\frac{P - \Pi}{P + \lambda\Pi} < \frac{P - \Pi e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}}{P + \lambda\Pi e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}},$$

on peut lui substituer sa suivante

$$\frac{u\,du}{ds} = -G\frac{P - \Pi}{P + \lambda\Pi}\left(\frac{r}{r+s}\right)^2,$$

et enfin en faisant :

$$G\frac{P - \Pi}{P + \Pi\lambda} = g,$$

$$\frac{u\,du}{ds} = -g\left(\frac{r}{r+s}\right)^2;$$

qui sont au nombre de celles que nous connaissons. Faisons.

$$\frac{Au^n}{g}=z,\quad \text{d'où}\quad du=\frac{1}{n}\cdot\left(\frac{g}{A}\right)^{\frac{1}{n}} z^{\frac{1}{n}-1}\,dz,\quad \text{il vient}$$

$$ng\left(\frac{A}{g}\right)^{\frac{1}{n}} T=\int_0^\infty \frac{z^{\frac{1}{n}-1}}{1+z}\,dz,$$

$$ng\left(\frac{A}{g}\right)^{\frac{2}{n}} S=\int_0^\infty \frac{z^{\frac{2}{n}-1}}{1+z}\,dz.$$

---

laquelle équation intégrée de façon qu'à $u=u_1$ corresponde $s=s_1$ et à $u=o$ $s=s_1+s_2$ donne :

$$s_2=\frac{u_1{}^2(r+s_1)^2}{2gr^2-u_1{}^2(r+s_1)}.$$

Cette valeur est finie pourvu que

$$u_1{}^2<\frac{2gr^2}{r+s_1}<2gr.$$

Rien ne s'oppose à ce qu'on ne prenne u_1 inférieur à cette quantité, donc s_2 est également fini. En conséquence la hauteur *maxima* à laquelle s'élève le projectile est nécessairement limitée, toutes les fois que le degré de la fonction qui exprime la résistance est d'un degré supérieur au deuxième.

Un raisonnement analogue prouverait que le temps est fini, quand F (u) est d'un degré supérieur au premier.

Or, on sait que :

$$\int_0^\infty \frac{x^{a-1}}{1+x}dx = \frac{\pi}{\sin. a\pi},$$

dans laquelle a est une constante positive et < 1. Donc :

$$ng\left(\frac{A}{g}\right)^{\frac{1}{n}} T = \frac{\pi}{\sin. \frac{\pi}{n}}, \text{ quand } n > 1,$$

$$ng\left(\frac{A}{g}\right)^{\frac{1}{n}} S = \frac{\pi}{\sin. \frac{2\pi}{n}}, \text{ quand } n > 2.$$

Si

$$F(u) = Au^2 + Bu^3,$$

le temps et l'espace pour arriver au point extrêm du parcours sont :

$$T = \int_0^\infty \frac{du}{g + Au^2 + Bu^3},$$

$$S = \int_0^\infty \frac{u\,du}{g + Au^2 + Bu^3}.$$

Effectuant l'intégration entre les limites indiquées, on trouve :

$$\frac{2}{C}(3g+2AC^2)T$$

$$=l\left(\frac{g}{BC^3}\right)+\frac{2(3g+2AC^2)}{\sqrt{g(3g+4AC^2)}}\left(\frac{\pi}{2}+\text{arc. sin. }\frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{BC^3}}\right),$$

$$\frac{2}{C^2}(3g+AC^2)S$$

$$=l\left(\frac{BC^3}{g}\right)+\frac{6g}{\sqrt{g(3g+4AC^2)}}\left(\frac{\pi}{2}+\text{arc. sin. }\frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{BC^3}}\right),$$

Et la valeur de C se déduit de l'équation du 3e degré :

$$BC^3-AC^2-g=0.$$

La fonction que nous considérons ici est celle qu'emploient aujourd'hui bien des analystes pour représenter la résistance de l'air aux projectiles de l'artillerie (1).

---

(1) Avec un boulet de 32 on a : A = 0,000374 B = 0,000 000 86 en supposant que le mètre cube d'air pèse 1k,208.

Substituant ces valeurs dans les formules ci-dessus, et prenant g = 9m,80517, on obtient C = 483,63, T = 19″,24, S = 3966m.

Observons que toutes les fonctions ne sont pas d'un degré qu'on puisse déterminer comme il a été dit ci-dessus, p. 19 ; ainsi il est des fonctions pour lesquelles la limite de $\frac{F(u)}{u^n}$, quand u converge vers

---

De sorte que si l'atmosphère était partout également dense, un boulet de 32 ne pourrait, en aucun cas, s'élever à plus de 3960^m, hauteur inférieure à celle du Mont-Blanc.

En ayant égard au décroissement de la densité et de la pesanteur, la véritable hauteur sera un peu plus forte. Conformément à ce qui a été dit dans la note précédente, on peut trouver une limite supérieure de la véritable hauteur, en divisant le trajet en deux parties et négligeant l'action de la pesanteur dans la première, et celle de la résistance dans la seconde. Nous aurons pour la première partie :

$$\frac{u\,du}{ds} = -F(u)\,e^{-\frac{rs}{k(r+s)}}$$

à laquelle on peut substituer

$$\frac{u\,du}{ds} = -F(u)\,e^{-\frac{s}{k}},$$

attendu qu'on a

$$e^{-\frac{s}{k}} < e^{-\frac{rs}{k(r+s)}};$$

l'infini, est toujours nulle ou infinie, quelle que soit la valeur de n qu'on veuille adopter.

Telles sont les fonctions :

$$Alu, \quad Ae^{mu}, \quad Au^m (lu)^n, \text{etc.}$$

---

donc

$$e^{-\frac{s}{k}} ds = -\frac{u\,du}{F(u)} = -\frac{du}{Au + Bu^2}.$$

Intégrons de manière que $s = 0$ donne $u = \infty$, il résultera

$$s_1 = -kl\left[1 - \frac{1}{Ak}\, l\left(1 + \frac{A}{Bu_1}\right)\right].$$

Nous aurons pour la seconde partie

$$s_2 = \frac{u_1^2 (+s)^2}{2gr^2 - u_1^2(r + s_1)}.$$

La vitesse u_1 peut être choisie arbitrairement, mais il convient de la déterminer de manière que $s_1 + s_2$ soit un minimum.

Écrivons comme plus haut :

$$A = 0{,}000374, \qquad B = 0{,}000\,000\,86,$$

et prenant

$$k = \frac{10198}{1{,}208} = 8442 \qquad r = 6366407^{m},$$

on trouve approximativement

$$u_1 = 175^{m}.$$

Les unes rendent finies les intégrales développées plus haut, les autres les rendent infinies.

Si, par exemple, on prend :

$$F(u) = Alu,$$

on a

$$T = \int_0^\infty \frac{du}{g + Alu} = \int_0^\infty \frac{lu}{g + Alu} \cdot \frac{du}{lu} K = \int_0^\infty \frac{du}{lu} = \infty,$$

$$S = \int_0^\infty \frac{udu}{g + Alu} = \int_0^\infty \frac{lu}{g + Alu} \cdot \frac{udu}{lu} = K' \int_0^\infty \frac{udu}{lu} = \infty.$$

Qu'on prenne maintenant

$$F(u) = Ae^{mu},$$

Substituant cette valeur dans les équations précédemment citées on obtient

$$s_1 = 4248^m, \quad s_2 = 1514, \quad s_1 + s_2 = 5812^m.$$

Ainsi la limite de hauteur que ne pourrait dépasser ni même atteindre un boulet de 32, même avec une vitesse infinie, est certainement inférieure à 5812^m, hauteur plus faible que celle des montagnes les plus élevées du globe et à laquelle se sont élevés beaucoup d'aéronautes.

on a :

$$T=\int_0^\infty \frac{du}{g+Ae^{mu}}$$

$$=\int_0^\infty \frac{e^{mu}}{g+Ae^{mu}}\cdot\frac{du}{e^{mu}}=K\int_0^\infty e^{-mu}du=\frac{K}{m},$$

$$S=\int_0^\infty \frac{udu}{g+Ae^{mu}}$$

$$=\int_0^\infty \frac{e^{mu}}{g+Ae^{mu}}\cdot\frac{udu}{e^{mu}}=K'\int_0^\infty ue^{-mu}du=\frac{K'}{m^2}.$$

Dans ce dernier cas, l'intégration du temps est possible, et on obtient aisément :

$$mgT=l\left(1+\frac{g}{A}\right).$$

V. Reste en dernier lieu à examiner le mouvement de descente verticale. L'équation fondamentale est dans ce cas :

$$\frac{du}{dt}=g-F(u),$$

d'où l'on déduit le temps et l'espace en fonction de de la vitesse au moyen des deux intégrales :

$$t = \int_{u_0}^{u} \frac{du}{g - F(u)},$$

$$s = \int_{u_0}^{u} \frac{u\,du}{g - F(u)},$$

Le mouvement de descente jouit d'une propriété remarquable; qu'il soit accéléré ou retardé, la vitesse converge toujours vers une limite qu'elle ne peut dépasser.

Partant de $u = u_0$, la vitesse commence à croître ou à décroître, suivant que $[g - F(u)]$ est positif ou négatif; mais arrivé à une valeur U de u, qui satisfait à l'équation $g - F(u) = 0$, la vitesse ne peut plus changer de valeur. En effet tous les coëfficients différentiels de u, $\frac{du}{dt}$, $\frac{d^2u}{dt^2}$, $\frac{d^3u}{dt^3}$, sont réduits à zéro par cette valeur particulière de u quand les différentes dérivées $F'(u)$, $F''(u)$ et de $F(u)$ ne deviennent pas infinies pour $u = U$. Donc U est une limite vers laquelle converge la vitesse u, pourvu que $F(u)$ soit une fonction continue quand on approche des valeurs de $u = U$.

On peut facilement démontrer que le temps et l'espace nécessaires pour atteindre cette limite sont infinis. Soit n le nombre des racines égales à U, contenues dans l'équation précitée, on a :

$$g-F(u)=(U-u)^n\varphi(u),$$

$\varphi(u)$ étant une fonction qui ne peut devenir nulle pour $u=U$.

Le temps et l'espace deviennent :

$$t=\int_{u_0}^{U}\frac{1}{\varphi(u)}\cdot\frac{du}{(U-u)^n},$$

$$s=\int_{u_0}^{U}\frac{u}{\varphi(u)}\cdot\frac{du}{(U-u)^n}.$$

Les fonctions $\frac{1}{\varphi(u)}$, $\frac{u}{\varphi(u)}$ restent finies dans toute l'étendue de l'intégration ; si donc on met les deux intégrales sous la forme :

$$t=K\int_{u_0}^{U}\frac{du}{(U-u)^n}=\frac{K}{1-n}\left[(U-u_0)^{1-n}-(U-U)^{1-n}\right],$$

$$s=K'\int_{u_0}^{U}\frac{du}{(U-u)^n}=\frac{K'}{1-n}\left[(U-u_0)^{1-n}-(U-U)^{1-n}\right],$$

(K et K' seront deux moyennes de valeur finie). On en conclut que t et s sont finis pour $n < 1$ et infinis pour $n \geqq 1$.

Dans le cas particulier où $U = 0$, K' étant une moyenne entre $\frac{u_0}{\varphi(u_0)}$ et zéro, on ne peut affirmer que K' soit fini ou infini. Pour découvrir ce que devient alors s, observons que l'intégrale qui en est l'expression prend la forme :

$$= \int_{u_0}^{0} \frac{1}{\varphi(u)} \cdot \frac{du}{(-u)^{n-1}}$$

$$= K'' \int_{u_0}^{0} \frac{du}{(-u)^{n-1}} = \frac{K''}{2-n}\left(u_0^{\,2-n} - 0^{\,2-n}\right).$$

En conséquence s est fini, si $n < 2$; infini, si $n \leqq 2$.

Quand $n < 1$, les dérivées successives $F'(u)$, $F''(u)$, etc... sont infinies pour $u = U$.

Il résulte donc de tout ce qui précède que *le mouvement vertical de descente tend à devenir uniforme; mais qu'il ne le devient rigoureusement qu'à l'infini, quand* F (u) *est une fonction continue de* u.

La vitesse U d'un pareil mouvement qui rend

$$g = F(u) = r, \quad \text{et de là : } R = P - \Pi,$$

c'est-à-dire quand la résistance du milieu est égale au poids apparent du mobile, a été nommée par Huygeus *vitesse finale*. Le cas où la vitesse initiale est égale à la vitesse finale, mérite une attention particulière. Il est évident qu'alors le mouvement ne cesse pas d'être uniforme.

Ou bien, si l'on suppose que la fonction $F(u)$ ait la propriété de croître en même temps que u, depuis $u = 0$ jusqu'à $u = \infty$, on reconnaît par le signe de $\frac{du}{dt}$ que si $u_0 > U$, la vitesse va toujours en décroissant de haut en bas, sans pouvoir jamais arriver à la valeur de U; qu'au contraire si $u_0 < U$, la vitesse va constamment en croissant de haut en bas, sans jamais dépasser la vitesse finale; qu'enfin, si $u_0 = U$, la vitesse est constamment égale à la vitesse définitive.

Dans la discussion du mouvement vertical descendant, il ne faut pas perdre de vue une circonstance que nous avons déjà signalée, dépendant essentiellement de la nature de la résistance, c'est-à-dire que si $F(u)$, pour $u = 0$, a une valeur plus

grande que g, le mobile ne peut passer par la vitesse zéro, sans s'y arrêter et rester alors indéfiniment au repos. Ainsi, un projectile, lancé de haut en bas avec une vitesse quelconque, dans un milieu résistant pour lequel $F(0) > g$, finira toujours par s'arrêter après un temps et un espace finis.

CHAPITRE III.

DISCUSSION DE LA TRAJECTOIRE.

VI. La nature de la courbe que décrit un projectile dépend évidemment de la loi de résistance du milieu où il se meut. La théorie de la résistance des milieux est encore enveloppée de beaucoup d'obscurité. On sait bien que la résistance est une fonction de la vitesse; mais la seule chose qu'on puisse admettre *à priori* sur la nature de cette fonction, c'est qu'elle va croissant avec les valeurs croissantes de la variable. C'est pourquoi, sans adopter aucune hypothèse spéciale sur la résistance du milieu, on pourrait entreprendre la discussion de la

trajectoire en ne supposant sur la forme de la fonction qui exprime la résistance en raison de la vitesse, que son accroissement progressif avec celui des valeurs de la variable, et sa tendance à converger vers l'infini en même temps que celle-ci. Telle est la marche que je vais suivre. Je suppose donc :

$$\frac{r}{g}=\frac{R}{P-\Pi}=F(u)\,,$$

$$f'(u)>0 \qquad\qquad f(\infty)=\infty.$$

$f(u)$ peut être telle, que pour $u=0$ on ait :

$$f(0)>1\,,\quad f(0)=1\,,\quad f(0)<1\,;$$

ce qui signifie que la résistance peut être telle que, pour une vitesse infiniment petite, sa valeur soit plus grande que le poids relatif du projectile, ou égal à celui-ci, ou plus faible que lui. Dans la discussion de la courbe, il ne faudra pas perdre de vue ces trois cas. Ceci posé, examinons les variations de la vitesse aux différents points de la courbe :

1° Cas de $f(0)>1$. L'accroissement de la vitesse fourni par (l'équation [1] n° II).

$$\frac{du}{dt} = -g \left\{ f(u) + \sin.\theta \right\},$$

conserve toujours le même signe, que θ soit positif ou non ; puisque, pour une valeur négative, la plus petite valeur que puisse recevoir sin. θ est -1, et que, en vertu de l'hypothèse, $f(u)$ et $f(0)$ sont toujours plus grands que 1.

Donc u et t varient en sens opposé, c'est-à-dire que si t croît, u décroît, et inversement si t diminue, u augmente.

Prenant donc pour origine un point quelconque et partant des temps positifs, on voit, qu'en suivant la direction du mouvement, la vitesse va toujours en diminuant ; mais quand on arrive à $u = 0$, il est clair que le projectile doit s'arrêter et rester au repos, comme nous l'avons déjà fait observer dans l'étude du mouvement rectiligne. On en conclut que, du côté des temps positifs, la vitesse finit toujours par s'éteindre, et cela, quelle que soit la loi de variation de l'angle θ, qu'il devienne nul ou négatif.

Du côté des temps négatifs, la vitesse croît constamment en s'éloignant de l'origine, et son accroissement n'a point de limites ; ainsi la vitesse converge vers l'infini, quelles que soient les varitions de θ.

2° Cas de $f(0) = 1$. La valeur de $\frac{du}{dt}$ est négative dans toute l'étendue de la courbe et ne devient nulle que pour $u = 0$ et $\theta - \frac{\pi}{2}$. Donc la vitesse va toujours en diminuant dans le sens du mouvement jusqu'à devenir égale à zéro.

Du côté des temps négatifs, elle converge vers l'infini.

3° Cas de $f(0) < 1$. Toutes les fois que θ est positif, $\frac{du}{dt}$ est négatif dans tous les points de la branche ascendante de la trajectoire; il en est encore de même pour θ négatif, depuis $\theta = 0$ jusqu'à la valeur de θ qui satisfait à la relation :

$$f(u) + \sin.\theta = 0.$$

Partant donc d'un point quelconque situé sur la branche ascendante, la vitesse décroît à mesure que le temps augmente, mais seulement jusqu'au point où u prend une valeur u_1 qui satisfait à l'équation.

$$f(u_1) + \sin.\theta_1 = 0.$$

Cette valeur de $u = u_1$ est un minimum; en effet elle donne $\frac{du}{dt} = 0$, et introduite dans l'expres-

sion du second coëfficient différentiel, qui est :

$$\frac{d^2u}{dt^2} = -g f'(u)\frac{du}{dt} - g\cos.\theta\,\frac{d\theta}{dt},$$

ou en mettant à la place de $\frac{d\theta}{dt}$ sa valeur tirée de l'équation (6) n° II,

$$\frac{d^2u}{dt^2} = g f'(u)\frac{du}{dt} + \frac{g^2\cos.^2\theta}{u},$$

qui se réduit à

$$\frac{d^2u}{dt^2} = \frac{g^2\cos.^2\theta}{u_1};$$

c'est-à-dire une quantité positive, u_1 ne pouvant être ni nul, ni négatif.

Au moyen de l'équation (9) n° II, il est facile de démontrer que u_1 est différent de zéro. On a :

$$\frac{du(\cos.\theta)}{u\,d\theta} = f(u);$$

qui mise sous la forme

$$\frac{d(u\cos.\theta)}{u\cos.\theta} = f(u)\frac{dt}{\cos.\theta},$$

et intégrée de la manière suivante, en faisant d'abord $u = u_0$ et $\theta = \theta_0$,

$$l\,\frac{u\cos.\theta}{u_0\cos.\theta_0}=k\,l\,\frac{\text{tang.}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)}{\text{tang.}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta_0}{2}\right)},$$

se change en

$$u=u_0\,\frac{\cos.\theta_0}{\cos.\theta}\left\{\frac{\text{tang.}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)}{\text{tang.}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta_0}{2}\right)}\right\}^k$$

$$=u_0\left(\frac{\cos.\theta_0}{\cos.\theta}\right)^{1-k}\left(\frac{1-\sin.\theta_0}{1-\sin.\theta}\right)^k,$$

où k représente une moyenne des valeurs que prend $f(u)$ dans l'étendue de l'intégration, et par suite positive et moindre que l'unité, si on prend pour u_0 une valeur très-voisine de $u = 0$.

Maintenant, si u pouvait devenir nulle, θ devrait atteindre une valeur réelle, capable d'annuler le second membre de l'équation précédente ; mais k étant plus petit que 1, il est facile de voir qu'il n'existe point de valeur de θ qui remplisse cette condition.

u ne peut non plus devenir négatif, puisque, décroissant par degrés insensibles, il faudrait qu'il

pût passer par l'état zéro, ce qui a déjà été démontré impossible.

Donc la valeur de u, qui annule $\frac{du}{dt}$ est nécessairement supérieure à zéro.

A partir de ce minimum, $\frac{du}{dt}$, changeant de signe, la vitesse croît successivement avec le temps, jusqu'à ce qu'elle atteigne une nouvelle valeur u_2, qui s'atisfasse à l'équation

$$f(u_2)+\sin.\theta_2=0.$$

Cette valeur de $u=u_2$ ne peut être un maximum proprement dit, puisque, s'il en était ainsi, u devrait recommencer à décroître à partir de u_2, ce qui exigerait que $\frac{d^2u}{dt^2}$ devînt négatif ou nul; mais au contraire $\frac{d^2u}{dt^2}$ conserve constamment une valeur positive, et ne peut s'annuler que conjointement avec tous les autres coëfficients différentiels.

Donc u_2 est une limite vers laquelle converge u quand le temps croît.

Toutefois, dans le cas de $f(0)<1$, la vitesse est minima au point où

$$f(u_1)\sin.\theta_1=0;$$

et à partir duquel, le mouvement s'éloignant de

part et d'autre, la vitesse va continuellement en croissant; mais dans le sens du mouvement, la vitesse s'approche indéfiniment d'une limite qu'elle ne peut dépasser et qui est fournie par l'équation

$$f(u_2) + \sin.\theta_2 = 0 \cdot$$

tandis que dans le sens opposé la vitesse croît indéfiniment.

Il résulte de toutes ces considérations que, *lorsqu'un projectile se meut dans un milieu résistant, sa vitesse tend vers l'infini du côté des temps négatifs et que, de l'autre côté, à savoir celui qui est dirigé dans le sens du mouvement, la vitesse tend vers zéro quand* f (0) $\overline{\overline{<}}$ 1, *et vers une limite fixe différente de zéro, quand* f (0) $<$ 1 .

VII. Comme il a déjà été observé (II), l'angle θ diminue quand t croît, parce que des deux forces qui sollicitent le mobile, l'une (la résistance) ne fait que le retarder suivant la tangente, et l'autre (la pesanteur) le fait descendre au-dessous de cette même tangente.

Nous démontrerons maintenant qu'il a pour limite $-\frac{\pi}{2}$. A cet effet recourons à l'équation [6] du n° II,

$$dt = -\frac{u}{g} \cdot \frac{d\theta}{\cos.\theta},$$

et intégrons en choisissant pour origine du mouvement un point quelconque pour lequel $\theta = \theta_0$, $t = 0$, il vient

$$gt = \int_{\theta}^{\theta_0} u \frac{d\theta}{\cos.\theta} = Kl \frac{\text{tang.}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta_0}{2}\right)}{\text{tang.}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}\right)}.$$

où K représente une moyenne entre les différentes valeurs que prend la vitesse dans les limites de l'intégration.

u ne pouvant devenir nul quand $f(0) < 1$ ainsi qu'il a été prouvé plus haut (VI), il résulte qu'alors K a une valeur finie supérieure à zéro.

Cela posé, de l'examen de cette équation il ressort qu'à $t = \infty$ doit correspondre $\theta = -\frac{\pi}{2}$. Donc $\theta_1 = -\frac{\pi}{2}$, et la vitesse limite u_1 est donnée par l'équation $f(u_1) - 1 = 0$. Ainsi la vitesse u_1 est égale à celle que, dans le mouvement rectiligne descendant, on a désignée sous le nom de *vitesse finale* (V).

Dans le cas de $f(0) \leqq 1$, la vitesse se réduisant à zéro, le raisonnement précédent ne peut servir à déterminer l'angle de l'élément de la courbe au point où cesse le mouvement.

Pour trouver cet angle, prenons l'équation (8), n° II, d'où l'on déduit :

$$\frac{f d\theta}{\cos.\theta} = \frac{du}{u\{f(u) + \sin.\theta\}}.$$

L'intégration donne

$$l\,\text{tang.}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}\right) = l\,\text{tang.}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta^{\circ}}{2}\right) + \int_{u_0}^{u} \frac{du}{u\{f(u) + \sin.\theta\}}.$$

Pour avoir la valeur de θ, qui correspond à $u = 0$, il convient d'étendre l'intégrale jusqu'à $u = 0$. Or

$$\int_{u_0}^{0} \frac{du}{u\{f(u) + \sin.\theta\}}$$

est toujours infinie, puisqu'en la mettant sous la forme

$$K \int_{u_0}^{0} \frac{du}{u},$$

on voit que

$$\int_{u_0}^{0} \frac{du}{u} = -\infty,$$

pendant que K est assurément toujours supérieur à zéro.

Donc

$$l \text{ tang. } \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}\right) = -\infty,$$

d'où l'on conclut

$$\theta = -\frac{\pi}{2}.$$

Partant, l'extrémité de la courbe du côté des temps positifs est toujours verticale.

Quant à l'autre extrémité de la courbe, où la vitesse devient infinie, voyons quelle est la limite de θ.

L'angle correspondant à $u = \infty$, est donné par l'équation

$$l \text{ tang. } \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}\right) = l \text{ tang. } \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta_0}{2}\right) + \int_{u_0}^{\infty} \frac{du}{u\left\{f(u) + \sin. \theta\right\}}.$$

Si $f(u)$ est d'un degré qu'on puisse déterminer

par les règles ordinaires, l'intégrale

$$\int_{u_0}^{\infty} \frac{du}{u \{ f(u) + \sin.\theta \}}$$

a une valeur finie, toutes les fois que le degré de $f(u)$ est plus grand que zéro, et une valeur infinie au contraire, quand $f(u)$ est du degré zéro, ce qui signifie alors que la résistance est constante. En effet, soit n le degré de $f(u)$, l'intégrale ci-dessus peut s'écrire sous la forme suivante :

$$\int_{u_0}^{\infty} \frac{1}{\frac{f(u)}{u^n} + \frac{\sin.\theta}{u^n}} \cdot \frac{du}{u^{n+1}}.$$

Dans les limites comprises entre $u = u_0$ (on suppose que l'on prend pour origine le point où la vitesse est minima) et $u = \infty$, le premier facteur est toujours fini. Il suffit donc, pour reconnaître si l'intégrale est finie ou infinie, de considérer l'intégrale

$$\int_{u_0}^{\infty} \frac{du}{u^{n+1}}.$$

laquelle donne une quantité finie pour $n > 0$, et

infinie pour $n = 0$; ainsi se trouve démontrée l'assertion précédente.

On en conclut que $\theta < \frac{\pi}{2}$, *quand* $n > 0$, *et* θ_0 *différent de* $\pm \frac{\pi}{2}$; *que* $\theta = \frac{\pi}{2}$, *quand* $n = 0$.

Si $\theta = \pm \frac{\pi}{2}$, le mouvement est vertical.

Quand $\theta < \frac{\pi}{2}$, il peut être positif, nul ou négatif, suivant la valeur de θ_0. Pour qu'il soit nul ou négatif, il faut que θ_0 soit négatif; dans ce cas, la trajectoire n'a pas de branche ascendante, et consiste en une seule branche descendante.

VIII. Le temps employé par le projectile pour passer de la vitesse u_0 à la vitesse u est exprimé par

$$g t = -\int_{u_0}^{u} \frac{du}{f(u) + \sin.\theta}.$$

Si l'on veut connaître le temps nécessaire pour passer de la vitesse infinie qu'aurait le projectile à l'extrémité de la branche qui précède l'origine, à la vitesse qu'il a à l'origine, il convient de pousser l'intégration jusqu'à $u = \infty$; il vient alors

$$g\,t = -\int_{u_0}^{\infty} \frac{d\,u}{f(u) + \sin.\,\theta}\,.$$

Soit comme auparavant, n le degré de f (u), on peut mettre l'intégrale sous la forme

$$g\,t = -\int_{u_0}^{\infty} \frac{1}{\frac{f(u)}{u^n} + \frac{\sin.\,\theta}{u^n}} \cdot \frac{d\,u}{u^n}\,.$$

Entre les limites de l'intégration, le premier facteur est toujours fini, on peut donc constater si t est fini ou infini, en n'examinant que l'intégrale définie

$$\int_{u_0}^{\infty} \frac{d\,u}{u^n}\,.$$

qui est infinie, si $n < 1$ ou $n = 1$, et finie si $n > 1$; donc *le temps négatif, correspondant à* $u = \infty$ *est une quantité infinie, toutes les fois que* f (u) *est d'un degré inférieur ou égal à l'unité, et conserve au contraire une valeur finie, si* f (u) *est d'un degré supérieur au premier.*

Recherchant maintenant le temps nécessaire au

projectile pour arriver à l'autre extrémité de la courbe, il convient de distinguer trois cas :

1° Quand $f(o) > 1$, suivant ce qui a été démontré plus haut, la vitesse va toujours en diminuant jusqu'à zéro. Le temps employé pour éteindre cette vitesse est fourni par l'intégrale

$$gt = -\int_{u_0}^{0} \frac{du}{f(u) + \sin.\theta}.$$

qui évidemment est une quantité finie, le dénominateur ne pouvant jamais s'annuler. Dans ce cas le mouvement a lieu depuis $t = o$ jusqu'à une valeur de t fournie par l'intégrale précédente ; et depuis cette dernière valeur jusqu'à $t = \infty$, on aura $u = o$, et le projectile restera immobile dans la même position,

2° Quand $f(o) = 1$, la vitesse va toujours en décroissant jusqu'à zéro ; le temps nécessaire pour atteindre cette vitesse zéro, est donné par la relation :

$$gt = -\int_{u_0}^{0} \frac{du}{f(u) + \sin\theta};$$

Soit n un nombre capable de rendre finie la fraction

$$\frac{f(u)-1}{u^n}, \quad \text{pour } u=0.$$

Si on donne à l'intégrale la forme

$$gt = -\int_{u_0}^{0} \frac{u^n}{f(u)+\sin.\theta} \cdot \frac{du}{u^n},$$

on en conclut que *t est fini, si n* <1 *et infini, si* $n \overline{\overline{>}} 1$.

3° Quand $f(0)<1$, la vitesse dans la branche descendante décroît d'abord jusqu'à un certain minimum, puis croît continuellement jusqu'à une certaine limite. D'après l'intégration de l'équation [9], ayant u en fonction de θ, on pourra au moyen du l'équation.

$$f(u)+\sin.\theta=0,$$

déduire la valeur de θ_1, qui correspond à la vitesse minima; puis l'équation [6]

$$gt = -\int_{\theta_0}^{\theta_1} u \frac{d\theta}{\cos.\theta}$$

donnera le temps nécessaire pour que la vitesse devienne un minimum, temps qui est évidemment fini.

Le temps après lequel la vitesse acquiert une valeur constante est donné par l'intégrale

$$gt = -\int_{\theta_0}^{-\frac{\pi}{2}} u \frac{d\theta}{\cos.\theta},$$

qui est infinie ; en effet la vitesse u est toujours finie entre les limites de l'intégration, et on a d'autre part

$$\int_{\theta_0}^{-\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\cos.\theta} = -\infty.$$

Il faut donc un temps infini pour que la vitesse arrive à sa limite.

IX. Si dans la valeur du temps, on multiplie simplement par u la quantité mise sous le signe $\int$, on aura l'expression de l'arc ; il en résulte que les conséquences relatives au temps ont leurs analogues, quand il s'agit de l'arc, pourvu qu'on ajoute une unité à l'exposant n.

Donc, *dans la branche négative, le point de la trajectoire où $u = \infty$ est à une distance infinie de l'origine, quand $f(u)$ est d'un degré inférieur ou égal au second ; il se trouve au contraire situé à une distance finie de l'origine, quand $f(u)$ est d'un degré supérieur au second.*

Quand, pour $u = \infty$, l'arc est fini, le point correspondant est toujours un des points singuliers la courbe : en effet le second coëfficient différentiel

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{g}{(u)\cos.\theta)^2},$$

qu'on déduit de l'équation (10) N° II, devient alors nul. La nature de ce point singulier dépend de la fonction $f(u)$, qui entre dans les coëfficients différentiels successifs. La branche ultérieure répond toujours à un autre problème de mécanique, où se trouve modifiée la direction, soit de la vitesse, soit de la résistance. Quelquefois il n'existe même pas de branche ultérieure, à moins qu'on ne donne une plus grande extension aux équations du mouvement déjà établies.

L'arc qui aboutit au point où $u = 0$ est toujours fini, si $f(0) > 1$; mais si $f(0) = 1$, il est

fini pour $n < 2$ et infini pour $n \overline{\overline{>}}\, 2$, si n est un nombre qui rende finie l'expression

$$\frac{f(u)-1}{u^n} \quad \text{pour } u = 0.$$

Il convient d'avertir que le point correspondant à $u = 0$ est également un point singulier de la courbe, puisqu'on a

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \infty, \quad \text{quand } u = 0.$$

Soit $f(0) < 1$, l'arc correspondant à la vitesse minima est fini, et infini quand il correspond à la vitesse finale. Ainsi *la vitesse ne peut rigoureusement atteindre la limite vers laquelle elle converge incessamment, que quand l'espace parcouru est infini.*

X. On a vu (N° VII) que la tangente extrême de la branche négative de la courbe est verticale quand le degré de la résistance est égal à zéro, et inclinée quand il est plus grand que zéro ; que celle de la branche positive est toujours verticale. Il est intéressant de rechercher si ces tangentes extrêmes sont situées à une distance finie ou infinie de l'origine, ou, en d'autres termes, si la trajectoire a des asymptotes. Commençons par la

branche descendante, et voyons si la tangente extrême verticale rencontre l'axe des x à une distance finie ; il suffit de rechercher quelle valeur prend l'intégrale

$$gx = -\int_{\theta_0}^{\theta} u^2 d\theta,$$

déduite de l'équation [4] N° II, quand on va jusqu'à $\theta = -\frac{\pi}{2}$. Or, il est clair que cette valeur de x est nécessairement finie, puisque u^2 est toujours fini dans les limites de l'intégration ; donc *la branche descendante a une asymptote verticale.*

Quand la branche descendante de la courbe est finie, ce qui arrive toutes les fois que $f(0) > 1$, et quelquefois quand $f(0) = 1$, comme nous l'avons fait observer plus haut, bien que la tangente extrême soit située à une distance finie de l'origine, ce n'est toutefois pas une asymptote proprement dite.

Le cas où $f(u)$ est du degré zéro, c'est-à-dire le cas d'une résistance constante, n'est pas compris dans la discussion précédente, puisque la vitesse finale devient alors infinie, si $r < g$; on ne saurait donc dire, si l'intégrale précitée est finie ou

infinie. Mais puisque alors les équations du mouvement peuvent s'intégrer, on voit immédiatement que pour $\theta = -\frac{\pi}{2}$, la valeur de x est finie si $r > \frac{g}{2}$, et infinie si $r \overline{\overline{<}} \frac{g}{2}$; conséquemment, quand la résistance est constante, la courbe a une asymptote si $r < g$ et $> \frac{g}{2}$, et n'en a plus quand $r \leqq \frac{g}{2}$.

Soit $r = g$, la vitesse finale est finie, et la courbe possède une asymptote.

Passons à l'autre extrémité de la courbe, et soit Θ l'angle limite de θ, correspondant à $u = \infty$. La partie D de l'axe des y, comprise entre l'origine et le point de rencontre d'une tangente quelconque, est donnée par

$$D = y - x \operatorname{tang.} \theta;$$

substituant à x et y leurs valeurs tirées des équations [4] et [5] N° II, on obtient

$$g D = \operatorname{tang.} \theta \int_{\theta_0}^{\theta} u^2 d\theta - \int_{\theta_0}^{\theta} u^2 \operatorname{tang.} \theta d\theta .$$

Pour déterminer la position de l'asymptote, il faut faire converger θ vers Θ, et l'on a

$$gD = \int_{\theta_0}^{\Theta} (\text{tang.}\,\Theta - \text{tang.}\,\theta) u^2 d\theta .$$

Si on substitue a $d\theta$ sa valeur en fonction de dt, tirée de l'équation [6], on trouve

$$D = \int_0^t \cos.\theta\,(\text{tang.}\,\theta - \text{tang.}\,\Theta) u^2 dt .$$

A la limite inférieure $\theta = \theta_0$, $u = u_0$, $t = 0$; à la limite supérieure $\theta = \Theta$, $u = \infty$ $t = -\ \infty$, si le degré de la résistance $n \leqq 1$; et $t = -$ une quantité finie, si $n > 1$. Le produit

$$(\text{tang.}\,\theta - \text{tang.}\,\Theta) u$$

est fini à l'origine et dans toute l'étendue de l'intégration jusqu'à la limite supérieure où il prend la forme indéterminée $0 \times \infty$. Pour avoir sa valeur à cette dernière limite, il suffit de le mettre sous la forme

$$\frac{\text{tang.}\,\theta - \text{tang.}\,\Theta}{\frac{1}{u}},$$

et de différentier le numérateur et le dénominateur par rapport à la même variable θ; il vient alors

$$-\frac{u^2}{\cos.^2\theta}\cdot\frac{d\theta}{du}=-\frac{1}{\cos.\theta\left\{\frac{f(u)}{u}+\frac{\sin.\theta}{u}\right\}}.$$

Or si on fait $\theta=\Theta$ et $u=\infty$, et qu'on se rappelle que $\Theta<\frac{\pi}{2}$, il est évident que cette fraction se réduit à une quantité infinie, quand $f(u)$ est d'un degré inférieur au premier; à une quantité finie, quand $f(u)$ est du premier degré; et à zéro, quand le degré de $f(u)$ est plus grand que l'unité.

Soit K une valeur moyenne entre les différentes valeurs que prend dans les limites de l'intégration le produit

$$\cos.\theta\,(\text{tang.}\,\theta-\text{tang.}\,\Theta)\,u;$$

K est fini ou infiniment grand, si $n<1$; fini, si $n=1$; et fini ou infiniment petit, si $n>1$.

Ceci posé, donnant à l'intégrale la forme

$$D=K\int_0^t dt=Kt,$$

et rappelant que

$t=-\infty$, si $n\leqq 1$;

$t=-$ une quantité finie, si $n>1$; on en con-

clut que D est infini, si $n \leqq 1$, et qu'au contraire ce n'est pas une quantité infiniment grande, si $n > 1$.

Donc la tangente extrême, correspondant à $u = \infty$, est située à une distance infinie de l'origine, quand $f(u)$ est d'un degré inférieur ou égal au premier, et située au contraire à une distance finie, quand $f(u)$ est d'un degré supérieur au premier.

Au delà du second degré la tangente extrême n'est pas, à proprement parler, une asymptote, la courbe ne s'étendant pas jusqu'à l'infini. Ainsi *il n'existe réellement d'asymptote que lorsque $f(u)$ est d'un degré supérieur au premier, mais pas plus grand que le second.*

Le principe sur lequel est fondée la discussion précédente relativement à l'angle, au temps, à l'arc et à la tangente qui correspond à une vitesse infinie, dépend de la manière d'établir le degré d'une fonction. Or il existe, ainsi que je l'ai déjà indiqué dans l'étude du mouvement rectiligne (IV), des fonctions dont le degré ne saurait être déterminé par les règles ordinaires. Telles sont, par exemple

$$x^{\alpha} \quad x^{\alpha} llx, \quad x^{\alpha}(lx)^{\beta}, \quad x^{k}(lx)^{\gamma}, \text{ etc.}$$

$$x^{\alpha} e^{\beta x}, \quad x^{k} x^{\beta x}, \text{ etc.}$$

ainsi que celles qu'on obtiendrait par leurs combinaisons, qui ne sont point du degré n, parce que quelque valeur de n qu'on veuille adopter, on aura toujours pour limite de la fraction $\frac{f(x)}{x^n}$, quand x converge vers l'infini, une quantité nulle ou infinie, et jamais une valeur finie, comme cela doit arriver, quand $f(x)$ peut être dit du degré n.

Pour la discussion de ces cas particuliers on suivra une méthode analogue à celle que nous avons déjà adoptée ; c'est-à-dire qu'on décomposera la quantité mise sous l'intégrale en deux facteurs, dont l'un soit constamment fini dans les limites de l'intégration et que par suite on pourra négliger. Alors, comme toute la question se réduit à savoir si le résultat sera fini ou infini, elle sera résolue par l'intégrale de l'autre facteur.

XI. L'étude de la variation du rayon de courbure aux différents points de la trajectoire est très-propre à en faire connaître la forme.

On a pour l'expression du rayon de courbure (N° 2, équation [7]) :

$$\rho = \frac{u^2}{g} \cdot \frac{\cos.\theta}{1},$$

qui nous montre que le rayon de courbure est in-

fini, quand $u = \infty$; qu'il va en diminuant jusqu'au sommet de la courbe, c'est-à-dire tant que $\theta > 0$, puisque u et $\frac{1}{\cos.\theta}$ décroissent.

Au delà du sommet, u décroît encore, mais $\frac{1}{\cos.\theta}$ croît ; on ne peut donc à la simple inspection décider si ρ continue ou non à décroître. Pour le reconnaître, il suffit d'avoir recours au premier coëfficient différentiel de ρ en fonction de θ et d'en examiner le signe. Or on a

$$\frac{d\rho}{d\theta} = \frac{2u}{g} \cdot \frac{1}{\cos.\theta} \cdot \frac{du}{d\theta} + \frac{u^2}{g} \cdot \frac{\sin.\theta}{\cos.^2\theta} :$$

substituant à $\frac{du}{d\theta}$ sa valeur, il vient

$$\frac{d\rho}{d\theta} = \frac{u^2}{g\cos.^2\theta}\left\{2f(u) + 3\sin.\theta\right\}.$$

En partant du sommet, $\frac{d\rho}{d\theta}$ est positif ; en conséquence ρ commence à varier dans le même sens que θ, c'est-à-dire qu'il décroît encore au delà du sommet, mais seulement jusqu'au point où θ satisfait à l'équation :

$$2f(u) + 3\sin.\theta = 0 ;$$

à partir de là $\frac{d\rho}{d\theta}$ devient négatif, comme l'indique

le signe positif du second coëfficient différentiel pour un tel point, car on a

$$\frac{d^2\rho}{d\theta^2}=\frac{\rho}{\cos.^2\theta}\left\{\frac{2}{3}u\,f(u)f'(u)+3\cos.^2\theta\right\}.$$

Donc le rayon de courbure diminue jusqu'à ce qu'il atteigne une valeur minima fournie par l'équation

$$2f(u)+3\sin.\theta=0,$$

et va ensuite en croissant jusqu'à l'infini.

La valeur de $\frac{du}{d\theta}$ au point où le rayon de courbure est un minimum, se réduit à

$$\frac{du}{d\theta}=-\frac{1}{2}u\tan g.\theta.$$

θ étant négatif dans la branche descendante, cette valeur de $\frac{du}{d\theta}$ sera positive ; donc au point où la courbure est maxima, u et θ varient dans le même sens, c'est-à-dire que u décroît et n'a pas encore atteint son minimum, dont nous avons parlé ci-dessus (VI). On en conclut que *le point correspondant à la courbure maxima est plus voisin du sommet que le point qui correspond à la vitesse minima.*

XII. *La vitesse et le rayon de courbure sont plus grands dans la branche ascendante que dans la branche descendante, pour des inclinaisons égales, mais de signes contraires, de la courbe.* En effet l'équation (9) N° II,

$$\frac{d(u \cos. \theta)}{d\theta} = u f(u),$$

nous montre que la vitesse horizontale $u \cos. \theta$ décroît en meme temps que l'angle θ, ce qui signifie qu'elle va en diminuant lorsqu'on passe de la branche ascendante à la branche descendante : donc pour la même valeur de $u \cos. \theta$, u est plus grand quand le projectile fait son ascension, que lorsqu'il descend.

Quant au rayon de courbure, on arriverait à la même conclusion à la simple inspection de l'expression :

$$\rho = \frac{u^2}{g} \cdot \frac{1}{\cos. \theta}.$$

XIII. La valeur de y étant donnée par l'équation

$$g y = -\int_{\theta_0}^{\theta} u^2 \operatorname{tang.} \theta \, d\theta,$$

la plus grande hauteur à laquelle puisse s'élever le projectile se déduira de

$$gY = -\int_{\theta_0}^{0} u^2 \,\text{tang.}\,\theta \,.\, d\theta = \int_{0}^{\theta_0} u^2 \,\text{tang.}\,\theta \,.\, d\theta \,.$$

Si on désigne par θ' l'angle aigu sous lequel le projectile vient couper l'axe des x, c'est-à-dire l'*angle de chute*, on a

$$gY = \int_{0}^{-\theta} u^2 \,\text{tang.}\,\theta \,.\, d\theta \,:$$

mettant $-\theta$ au lieu de θ dans cette intégrale, on obtient.

$$gY = \int_{0}^{\theta'} u'^2 \,\text{tang.}\,\theta \,.\, d\theta \,,$$

où u' est la valeur de u correspondant à $-\theta$. On a donc

$$\int_{0}^{\theta_0} u^2 \,\text{tang.}\,\theta \,.\, d\theta = \int_{0}^{\theta'} u'^2 \,\text{tang.}\,\theta \,.\, d\theta \,.$$

Or, en vertu de ce qui a été démontré dans le

paragraphe précédent (XII), on a pour une même valeur de θ, $u' < u$. Les éléments de la seconde intégrale sont donc inférieurs à ceux de la première; en conséquence, puisque les deux intégrales sont égales, il est de toute nécessité que les limites de la première soient moins étendues que celles de la seconde, c'est-à-dire qu'on a $\theta_0 < \theta'$. *Donc l'angle de chute est plus grand que l'angle de projection.*

XIV. Si dans l'équation [1]

$$\frac{du}{dt} = -r - g \sin. \theta$$

ou met $\frac{ds}{u}$ à la place de dt, on obtient

$$udu = -r ds - g dy .$$

Intégrant, en faisant d'abord $u = u_0$, $s = 0$, $y = 0$, on a

$$u^2 = u_0^2 - 2 \int_0^s r ds - 2gy .$$

En nommant u' la vitesse de chute et s' la lon-

gueur de la trajectoire comprise entre l'origine et le point de chute, on a

$$u'^2 = u_0^2 - 2\int_0^{s'} r\,ds\ ;$$

il est donc évident que $u' < u_0$. Donc *la vitesse au point de chute est plus faible qu'au point de départ.*

XV. On a

$$dx = \frac{dy}{\text{tang.}\,\theta}.$$

Désignant par x' l'amplitude de la branche ascendante, x'' celle de la branche descendante, Y la hauteur du tir, on a

$$x' = \int_0^{Y} \frac{dy}{\text{tang.}\,\theta}.$$

$$x'' = \int_0^{-Y} \frac{dy}{\text{tang.}\,\theta}.$$

Qu'on mette $-dy$ et $-\theta'$ au lieu de y et θ dans

la seconde intégrale; ses limites deviennent zéro et Y; et il en résulte

$$x'' = \int_0^Y \frac{dy}{\operatorname{tang} \theta'},$$

où θ' désigne l'angle que l'axe des x forme avec l'élément de la courbe situé dans le même plan horizontal que celui qui fait l'angle θ. Or (N° XIII) $\theta < \theta'$; les éléments de la seconde intégrale sont donc plus faibles que ceux de la première, et, puisque les limites sont les mêmes, on doit avoir $x' > x''$. Donc *l'amplitude de la branche ascendante est plus grande que celle de la branche descendante*.

CHAPITRE IV.

ANALYSE DE QUELQUES CAS OU LES ÉQUATIONS DU MOUVEMENT DES PROJECTILES SONT RÉDUCTIBLES AUX QUADRATURES.

Pour que les équations du mouvement d'un projectile dans un milieu résistant soient réductibles aux quadratures, il est nécessaire et suffisant que la fonction $f(u)$, qui est l'expression de la résistance, soit telle, qu'on puisse séparer les variables dans l'équation différentielle de premier ordre

$$du - u\left(\frac{\sin.\theta + f(u)}{\cos.\theta}\right)d\theta = 0,$$

qu'on tire de l'équation [8] N° II.

Les formes de $f(u)$, qui satisfont à une telle séparation, sont peu nombreuses (*).

Jean BERNOUILLI, le premier, dans *les Actes de Leipsig, année* 1719, réduisit aux quadratures le problème balistique, quand $f(u) = au^n$; et d'Alembert, dans son *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides*, démontre que la réduction est encore possible quand

$$f(u) = a + bu^n ,$$

et quand

$$f(u) = a + blu ,$$

a, b, n étant des constantes quelconques.

(*) Il est vrai, qu'il est peu de formes de $f(u)$ qui rendent possible l'intégration, en partant de certaines hypothèses sur la théorie de la résistance; mais on peut au contraire en obtenir un nombre indéfini, si l'on ne se préoccupe pas de la conformité de la loi de la résistance avec ce qu'enseigne la pratique. En effet, étant donnée une relation quelconque entre la vitesse u et l'angle θ, on peut toujours, en vertu de ce qui a été dit au N° II, déterminer, par une simple différentiation, la loi de résistance nécessaire pour que cette relation ait lieu dans le mouvement du projectile. Or, comme il n'y a point de limite au nombre de relations qu'on peut imaginer entre u et θ, il en résulte qu'il existe une quantité indéfinie de lois de résistance, permettant l'intégration.

Si au lieu de prendre pour point de départ la loi des vitesses, on se donne tous les éléments de la trajectoire, et qu'on cherche la loi de résistance nécessaire pour que le projectile soit assujetti à la parcourir, on a une autre source illimitée de formes de $f(u)$, aptes à rendre l'intégration possible.

Je me propose dans le présent chapitre d'examiner ces deux cas qui sont peu connus.

Soit

$$f(u)=a+bu^{n},$$

l'équation différentielle précitée devient

$$du-u\left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right)d\theta-bu^{n+1}\frac{d\theta}{\cos.\theta}=0.$$

Cette équation, qui est analogue à celle de Bernouilli, se réduit immédiatement à une équation linéaire, en divisant par u^{n+1} et faisant $u^{-n}=v$; on obtient par ce procédé

$$dv+nv\left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right)d\theta+nb\frac{d\theta}{\cos.\theta}=0\ ;$$

dont l'intégrale est

$$v=u^{-n}=e^{-n\int\left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right)d\theta}$$

$$\left[c-nb\int e^{n\int\left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right)d\theta}\frac{d\theta}{\cos.\theta}\right],$$

c étant une constante arbitraire.

Donc

$$u = \frac{e^{\int \left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right) d\theta}}{\left[c - nb \int e^{n\int \left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right) d\theta} \frac{d\theta}{\cos.\theta}\right]^{\frac{1}{n}}}.$$

La constante c se détermine en faisant correspondre une valeur donnée de θ à une valeur également donnée de u. En supposant à l'origine $\theta = \theta_0$ et $u = u_0$, on a pour déterminer c, l'équation

$$u_0 = \frac{\varphi(\theta_0)}{\left[c - nb\psi(\theta_0)\right]^{\frac{1}{n}}},$$

ou

$$\varphi(\theta) = e^{\int \left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right) d\theta},$$

$$\psi(\theta) = \int \left\{\varphi(\theta)\right\}^n \frac{d\theta}{\cos.\theta}.$$

On en tire

$$c = \left\{\frac{\varphi(\theta_0)}{u_0}\right\}^n + nb\psi(\theta),$$

et, par suite,

$$u=\frac{\varphi(\theta)}{\left[\left\{\frac{\varphi(\theta_\circ)}{u_\circ}\right\}^n+nb\left\{\psi(\theta_\circ)-\psi(\theta)\right\}\right]^{\frac{1}{n}}},$$

où bien si l'on veut,

$$u=\frac{e^{\int\left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right)d\theta}}{\left[\left\{\frac{\varphi(\theta_\circ)}{u_\circ}\right\}^n+nb\int_\theta^{\theta_\circ}e^{n\int\left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right)d\theta}\frac{d\theta}{\cos.\theta}\right]^{\frac{1}{n}}}.$$

On peut donner une autre forme à la valeur de u, en déterminant la constante c, par la condition qu'à $u=\infty$, corresponde $\theta=\Theta$. Alors on trouve, toutes les fois que $\Theta<\frac{\pi}{2}$ (et ceci, ainsi qu'il a été démontré (N° VII), arrive toujours pourvu que b ne soit pas nul),

$$c=nb\psi(\Theta),$$

$$u=\frac{e^{\int\left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right)d\theta}}{\left[nb\int_\theta^{\Theta}e^{n\int\left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right)d\theta}\frac{d\theta}{\cos.\theta}\right]^{\frac{1}{n}}}.$$

On a

$$e^{\int\left(\frac{a+\sin.\theta}{\cos.\theta}\right)d\theta}=\frac{\operatorname{tang.}^{a}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)}{\cos.\theta},$$

et par suite

$$u=\frac{\operatorname{tang.}^{a}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)}{\cos.\theta\left[nb\int_{\theta}^{\Theta}\frac{\operatorname{tang.}^{na}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)}{\cos.^{n+1}\theta}d\theta\right]^{\frac{1}{n}}}.$$

Pour donner une forme algébrique à ces expressions, qu'on pose :

$$\operatorname{tang.}\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta}{2}\right)=z\ ,$$

d'où l'on tire

$$\cos.\theta=\frac{2z}{1+z^{2}}\ ,\quad d\theta=\frac{2dz}{1+z^{2}}\ .$$

Mettant ces valeurs dans l'équation précédente et appelant Z la valeur de z correspondant à $\theta=\Theta$, il vient

$$u = \frac{(1+z^2)z^{a-1}}{\left[nb\int_z^Z (1+z^2)^n z^{n(a-1)-1}\,dz\right]^{\frac{1}{n}}}.$$

L'intégrale qui se trouve au dénominateur s'exprime en termes finis et partant la vitesse u, toutes les fois que n est un nombre entier ; ou, s'il est fractionnaire, quand $\frac{n(a-1)}{2}$ ou $\frac{n(a+1)}{2}$ est un nombre entier.

L'expression de u en fonction de z prend une forme simple quand

$$n = \frac{2}{a-1} ;$$

en effet on a alors

$$\frac{b}{a+1}u^{\frac{2}{a-1}} = \frac{(1+z^2)^{\frac{2}{a-1}}z^2}{(1+Z^2)^{\frac{a+1}{a-1}} - (1+z^2)^{\frac{a+1}{a-1}}},$$

Introduisant la valeur de u en fonction de z dans les formules suivantes (N° II) :

$$g\,ds = -u^2\frac{d\theta}{\cos.\theta} = -u^2\frac{dz}{z},$$

$$g\,dx = -u^2\,d\theta = -2u^2\frac{dz}{1+z^2},$$

$$g\,dy = -u^2\,\text{tang.}\theta.d\theta = u^2\frac{1-z^2}{1+z^2}\cdot\frac{dz}{z},$$

$$g\,dt = -u\frac{d\theta}{\cos.\theta} = -u\frac{dz}{z},$$

$$g\rho = u^2\frac{1}{\cos.\theta} = u^2\frac{1+z^2}{2z},$$

on obtient les expressions

$$gs = \int_z^{z_0} \frac{(1+z^2)^2 z^{2a-3}\,dz}{\left[nb\int_z^{Z}(1+z^2)^n z^{n(a-1)-1}\,dz\right]^{\frac{1}{n}}},$$

$$gx = \int_z^{z_0} \frac{2(1+z^2)^2 z^{(a-1)}\,dz}{\left[nb\int_z^{Z}(1+z^2)^n z^{n(a-1)-1}\,dz\right]^{\frac{1}{n}}},$$

$$gy = \int_z^{z_0} \frac{(1-z^4) z^{2a-3}\,dz}{\left[nb\int_z^{Z}(1+z^2)^n z^{n(a-1)-1}\,dz\right]^{\frac{1}{n}}},$$

$$gt = \int_z^{z_0} \frac{(1+z^2) z^{a-2}\,dz}{\left[nb\int_z^{Z}(1+z^2)^n z^{n(a-1)-1}\,dz\right]^{\frac{1}{n}}},$$

$$2g\rho = \frac{(1+z^2)^3 z^{2a-3}}{\left[nb\int_z^{Z}(1+z^2)^n z^{n(a-1)-1}\,dz\right]^{\frac{1}{n}}};$$

qui fournissent les valeurs de s, x, y, t, ρ en fonction de z, ou, si l'on veut, en fonction de θ, au moyen de quadratures seulement.

Remarquons qu'entre z_0 et Z on a la relation

$$u_0 = \frac{(1+z_0^2)z_0^{a-1}}{\left[nb \int_{z_0}^{Z} (1+z^2)^n z^{n(a-1)-1} dz \right]^{\frac{1}{n}}}$$

ou bien

$$nb \int_{z_0}^{Z} (1+z^2)^n z^{n(a-1)-1} dz = \left[\frac{(1+z_0^2)z_0^{a-1}}{u_0} \right]^n$$

$$= \frac{2^n \operatorname{tang.}^{na} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta_0}{2} \right)}{u_0^n \cos.^n \theta_0},$$

qui sert à déterminer Z, quand les circonstances initiales du mouvement sont définies.

XVII. Les quadratures indiquées ci-dessus s'obtiennent sous forme finie dans les cas particuliers suivants :

Celle qui donne s, quand

$n = 0$, quel que soit a;

$n = 1$, pourvu que a soit rationnel, et différent de ± 1;

$n = 2$, quel que soit a;

$n = \frac{2}{p}$, pourvu que $a = p\ q \pm 1$ (p et q étant deux nombres entiers).

Celles qui donnent x et y, quand

$n = 0$, quel que soit a;

$n = 1$, pourvu que a soit rationnel et différent de ± 1;

$n = 2$, pourvu que a soit rationnel et différent de zéro et de ± 1;

$n = \frac{2}{p}$, pourvu que $a = p\ q \pm 1$ (p et q étant deux nombres entiers).

Celle qui donne t, quand

$n = 0$, quel que soit a;

$n = 1$, quel que soit a;

$n = \frac{1}{p}$, pourvu que $a = 2 p q \pm 1$ (p et q étant deux nombres entiers).

Le cas de $n = 2$ est le plus important à considérer, parce qu'une résistance en partie constante et en partie proportionnelle au carré de la vitesse paraît convenir aux milieux solides ou mous, tels

que les murailles, les bois, les terres, etc., comme on verra plus tard.

Dans ce cas, le dénominateur commun dévient :

$$\int_z^Z (1+z^2)^2 z^{2a-3} dz$$

$$= \frac{Z^{2(a-1)}}{2(a-1)} + \frac{Z^{2a}}{a} + \frac{Z^{2(a+1)}}{2(a-1)} - \frac{z^{2(a-1)}}{2(a+1)} - \frac{z^{2a}}{a} - \frac{z^{2(a+1)}}{2(a+1)}.$$

De là, quand a est rationnel et différent de zéro et de ± 1, les expressions de x, y ont la forme de fractions rationnelles, qu'on peut intégrer en termes finis, soit à l'aide de logarithmes, soit à l'aide d'arcs de cercle, puisqu'alors elles seront décomposées en fractions partielles dont les dénominateurs seront les facteurs binômes ou trinômes de leur dénominateur commun.

Il est inutile d'avertir que a étant fractionnaire et égal à $\frac{p}{q}$, on doit faire $z^{\frac{1}{q}}$ égal à une nouvelle variable, pour rendre rationnel le dénominateur.

Ce dénominateur n'est plus algébrique, toutes les fois que $a = 0$ ou $a = \pm 1$; en effet, dans le premier cas,

$$\frac{Z^{2a}}{a} - \frac{z^{2a}}{a} = \infty - \infty = 2l\frac{Z}{z},$$

et dans le second,

$$\frac{Z^{2(a\mp1)}}{2(a\mp1)}-\frac{z^{2(a\mp1)}}{2(a\mp1)}=l\frac{Z}{z}.$$

Alors les valeurs de x et y ne peuvent s'obtenir en termes finis.

Il arrive donc que, pendant qu'on ne peut avoir les valeurs finies des coordonnées de la trajectoire dans le cas plus simple de la résistance proportionnelle seulement au carré de la vitesse, on a au contraire, en termes finis, les valeurs de ces coordonnées dans le cas plus général où, au terme qui contient le carré de la vitesse on en ajoute un autre constant, qui soit rationnel et différent de l'unité. Ce qui s'explique aisément, si on remarque que le degré de l'équation à résoudre pour décomposer le dénominateur s'élève à mesure que a devient une fraction plus petite et que cette équation est de degré infini, pour $a = o$.

XVIII. Avant d'abandonner le cas d'une résistance composée de deux termes, je dois parler d'une relation remarquable qui existe entre la trajectoire décrite dans un milieu dont la résistance est exprimée par a, et les trajectoires décrites dans

des milieux dont les résistances ont pour expressions

$$a+bu \quad \text{et} \quad a+bu^2 .$$

Pour $n=1$, la formule qui donne le temps devient

$$bgt=\int_{z}^{z_0}\frac{(1+z^2)\,z^{a-2}\,dz}{\int_{z}(z+1^2)\,z^{a-2}\,dz}\;;$$

dans laquelle le numérateur est la différentielle exacte du dénominateur pris avec un signe contraire. Donc

$$bgt=\int_{z_0}^{z} d\,l\int_{z}^{Z}(1+z^2)\,z^{a-2}\,dz;$$

d'où, en effectuant l'intégration entre z_0 et z,

$$bgt=l\left\{\frac{\int_{z}^{Z}(1+z^2)\,z^{a-2}\,dz}{\int_{z_0}^{Z}(1+z^2)\,z^{a-2}\,dz}\right\}.$$

Scindant l'intégrale supérieure en deux autres

z et z_0, et entre z_0 et Z, et substituant à l'intégrale inférieure sa valeur trouvée plus haut en fonction des données initiales, il vient

$$bgt = l\left\{1 + \frac{bu_0 \cos.\theta_0}{2z_0^a}\int_z^{z_0}(1+z^2)z^{a-2}dz\right\},$$

et enfin

$$e^{bgt} = 1 + \frac{bu_0 \cos.\theta_0}{2z_0^a}\int_z^{z_0}(1+z^2)z^{a-2}dz.$$

Pour avoir le temps dans le cas d'un milieu de résistance constante, il suffit de faire $b = 0$ dans cette expression, après avoir développé l'exponentielle; en le désignant par t', on a

$$gt' = \frac{u_0 \cos.\theta_0}{2z_0^a}\int_z^{z_0}(1+z^2)z^{a-2}dz:$$

d'où la relation.

$$e^{bgt} = 1 + bgt'.$$

entre les temps employés par deux projectiles

égaux pour décrire deux arcs également inclinés à leurs extrémités, dans deux milieux, dont les résistances ont pour expressions $a + bu$ et a.

Quand $t' = -\frac{1}{bg}$, $t = -\infty$. Donc, prenant sur la courbe décrite dans le milieu de résistance constante un arc parcouru dans le temps $-\frac{1}{bg}$, et menant une tangente à son extrémité, celle-ci sera parallèle à la tangente extrême de l'autre courbe prolongée jusqu'à l'infini.

XIX. Dans le cas de $n = 2$, la formule qui donne l'arc s se réduit par le même procédé à

$$e^{2bgs} = 1 + \frac{6}{2}\left(\frac{u_0 \cos.\theta_0}{z_0{}^a}\right)^2 \int_z^{z_0} (1+z^2) z^{2a-3}\, dz\,.$$

Si on nomme s' l'arc décrit dans un milieu de résistance constante, on trouve en faisant $b = 0$,

$$2gs' = \frac{1}{2}\left(\frac{u_0 \cos.\theta_0}{z_0{}^a}\right)^2 \int_z^{z_0} (1+z^2) z^{2a-3}\, dz\,.$$

Partant

$$e^{2bgs} = 1 + 2bgs'\,.$$

A $s' = -\frac{1}{2bg}$ correspond $s = -\infty$; si donc on prend sur la trajectoire décrite dans un milieu de résistance constante un arc égal à $-\frac{1}{2bg}$, la tangente à son extrémité est parallèle à l'asymptote inclinée de la trajectoire décrite dans un milieu dont la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse, plus la même constante.

Quand $a = 0$, la courbe décrite dans le milieu de résistance constante se transforme en une parabole, et alors on retombe sur la relation connue qui existe entre la trajectoire dans le vide et celle qui est décrite dans un milieu résistant comme le carré de la vitesse ; laquelle relation n'est, comme on le voit, qu'un cas particulier de celle que nous venons de déterminer et qui, nous le croyons, ne se trouve encore dans aucun autre ouvrage. On peut en dire autant de la relation trouvée dans le numéro précédent.

XX. Qu'on suppose

$$f(u) = a + b\,l\,u,$$

on obtient facilement

$$lu = \left(lu_0 + \frac{a}{b}\right)\left(\frac{z}{z_0}\right)^b - \frac{a}{b} - z^b \int_{z_0}^{z} \frac{1 - z^2}{1 + z^2} z^{-b-1}\, dz \ .$$

où on a fait, comme plus haut,

$$z = \text{tang.}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\tau}{2}\right) :$$

La valeur de u est finie, toutes les fois que b est entier.

Ayant ainsi déterminé u en fonction de z, les formules que nous avons déjà données fourniront les expressions de s, x, y, t, ρ en fonction de la même variable, au moyen des quadratures.

Je ne m'étendrai pas davantage sur cette hypothèse, qui est plutôt géométrique que physyque.

CHAPITRE V.

MÉTHODES D'APPROXIMATION.

XXI. Quoique les équations du mouvement d'un
ojectile dans un milieu résistant ne sont inté-
ibles que dans quelques cas particuliers, on peut
nmoins calculer toujours *numériquement*, avec
e approximation indéfinie, les diverses circons-
.ces du mouvement. Et cela, non-seulement
is le cas où l'on définit *analytiquement* la fonc-
n de la vitesse qui exprime la loi de résistance
milieu, mais encore quand la résistance n'est
nnue que par le secours de *l'observation*; c'est-
dire, au moyen d'une table numérique où se
uvent, d'une part les valeurs très-voisines et

CHAPITRE V.

MÉTHODES D'APPROXIMATION.

XXI. Quoique les équations du mouvement d'un projectile dans un milieu résistant ne sont intégrables que dans quelques cas particuliers, on peut néanmoins calculer toujours *numériquement*, avec une approximation indéfinie, les diverses circonstances du mouvement. Et cela, non-seulement dans le cas où l'on définit *analytiquement* la fonction de la vitesse qui exprime la loi de résistance du milieu, mais encore quand la résistance n'est connue que par le secours de *l'observation ;* c'est-à-dire, au moyen d'une table numérique où se trouvent, d'une part les valeurs très-voisines et

fort multipliées de la vitesse, et de l'autre, les valeurs correspondantes de la résistance, telles que les fournirait une série d'expériences assez nombreuses pour éliminer des résultats moyens les erreurs inhérentes à l'expérimentation.

Je suppose qu'ayant une pareille table pour un milieu résistant déterminé, on veuille déterminer le mouvement d'un projectile dans ce milieu.

L'équation différentielle de premier ordre (équation [9] N° II) :

$$d\,(u \cos.\,\theta) = u\,f\,(u)\,d\,\theta\,,$$

qui lie les variations infinitésimales de la vitesse à celles de l'angle de la courbe, nous offre toujours le moyen de calculer *arithmétiquement*, avec une approximation illimitée, la valeur de u correspondant à une valeur donnée de θ ; et cela, quelle que soit la fonction $f(u)$, pourvu qu'elle soit continue dans les limites de l'intégration.

En effet quand on a une équation différentielle

$$dy = F(x, y)\,dx\,,$$

en même temps que la valeur particulière y_0 de la fonction y, correspondant à la valeur particulière

x_0 de la variable x, on peut calculer approximativement une autre valeur Y de y, correspondant à une autre valeur X de x, en interpolant entre les limites x_0, X, une série croissante ou décroissante de nouvelles valeurs de x et leur faisant correspondre une série de nouvelles valeurs de y et calculées de manière que x, $x + \Delta x$ étant deux valeurs consécutives de x, et y, $y + \Delta y$ les valeurs correspondantes de y, on ait généralement

$$\Delta y = F(x, y)\, \Delta x.$$

On démontre que la dernière des valeurs de y ainsi calculées, ou celle qui répond à la valeur X de x, diffère de la véritable valeur de y qu'on obtiendrait en faisant décroître indéfiniment les valeurs numériques de Δx, d'une quantité moindre que le produit

$$\left(\frac{B + AC}{2}\right)\left[\frac{(1 + C\delta)^n - 1}{C}\right]\delta; \quad (1)$$

où A, B, C sont trois nombres respectivement su-

(1) Cette expression de la limite de l'erreur commise est due à M. Cauchy. Voyez, pour la démonstration, la 28e leçon du *Calcul intégral* de Moigno, ainsi qu'un Mémoire de Coriolis, inséré dans le tome 2e du *Journal de mathématiques* de Liouville.

périeurs aux valeurs numériques des trois fonctions

$$F(x, y), \quad \frac{dF(x, y)}{dx}, \quad \frac{dF(x.y)}{dy}$$

entre les limites $x = x_0$, $y = y_0$, $x = X$, $y = Y$; n exprime le nombre d'éléments dont est formée la division de l'intervalle $X - x_0$; δ un nombre supérieur à chacune des valeurs de Δx, sans avoir égard au signe.

Qu'on veuille supputer la valeur Y de y, correspondant à $x = X$, avec un degré déterminé d'approximation, par exemple, de manière que l'erreur commise soit moindre qu'une unité décimale de l'ordre m, il suffira d'attribuer aux éléments Δx de la différence $X - x_0$ une valeur telle qu'on ait

$$\delta < \frac{2C}{(10)^m (B + AC)\left[(1 + C\delta)^n - 1\right]} \cdot$$

Appliquons cette méthode à l'équation

$$d(u \cos.\theta) = u f(u)\, d\theta,$$

on pourra calculer une série u_0, u_1, u_2, u_3, de valeurs de u, correspondant à une série θ_0, θ_1, θ_2, θ_3,

de valeurs de θ. Cela fait, il sera facile au moyen des équations

$$g\,ds = -u^2 \frac{d\theta}{\cos.\theta},$$

$$g\,dx = -u^2\,d\theta,$$

$$g\,dy = -u^2 \operatorname{tang.}\theta\,.\,d\theta,$$

$$g\,dt = -u \frac{d\theta}{\cos\theta},$$

d'obtenir les valeurs de s, x, y, t à l'aide des quadratures.

Toutes les formes, sous lesquelles on peut mettre l'équation différentielle entre u et θ, ne sont pas également propres à fournir une grande approximation. La forme la plus convenable pour chaque cas particulier dépend de la nature de la fonction $f(u)$.

Quand il est question de la résistance de l'air, on sait que, dans les mouvements assez lents, la résistance croît moins vite que le carré de la vitesse, et que le contraire se présente dans les mouvements très-rapides ; mais que, dans les vitesses moyennes, la résistance ne s'éloigne guère de la loi du carré de la vitesse.

Donc, pour les vitesses ordinaires des projectiles de l'artillerie, la fonction

$$\frac{f(u)}{u^2}$$

ne varie que dans des limites assez restreintes.

Dans un pareil cas il convient de donner à l'équation la forme

$$\frac{d\,(u \cos.\,\theta)}{u^3 \cos.^3\theta} = \frac{f(u)}{u^2} \cdot \frac{d\,\theta}{\cos.^3\theta},$$

et de poser

$$y = \left(\frac{1}{u \cos.\,\theta}\right)^2, \qquad x = 2\int \frac{d\theta}{\cos.^3\theta}\,;$$

l'équation devient alors

$$d\,y = -\frac{f(u)}{u^2}\,d\,x\,.$$

La valeur de u ne peut être exprimée explicitement au moyen de x et y; mais ce n'est point une difficulté, parce qu'on a des tables de l'intégrale

$$x = 2\int \frac{d\theta}{\cos.^3\theta} = \frac{\sin.\,\theta}{\cos.\,\theta^2} + l\,\text{tang.}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}\right),$$

avec lesquelles on peut toujours trouver les valeurs de x et de y, etant donnés θ et u, et réciproquement.

Soient x_0, y_0 les valeurs initiales de x et y,

correspondant à $\theta = \theta_0$, $u = u_0$. Si x devient $x_0 + \Delta x$, on a

$$\Delta y_0 = -\frac{f(u_0)}{u_0^2}\Delta x,$$

et par suite

$$y_1 = y_0 + \Delta y_0 = y_0 - \frac{f(u_0)}{u_0}\Delta x.$$

Mettant à la place de y sa valeur en u et θ, on trouve

$$\left(\frac{1}{u_1 \cos.\theta_1}\right)^2 = \left(\frac{1}{u_0 \cos.\theta_0}\right)^2 - \frac{f(u_0)}{u_0^2}\Delta x,$$

d'où

$$u_1^2 = \frac{\dfrac{\cos.^2\theta_0}{\cos.^2\theta_1}u_0^2}{1 - f(u_0)\cos.^2\theta_0 . \Delta x}.$$

On trouve de même

$$u_2^2 = \frac{\dfrac{\cos.^2\theta_1}{\cos.^2\theta_2}u_1^2}{1 - f(u_1)\cos.^2\theta_1 . \Delta x},$$

et ainsi de suite.

De cette façon on peut calculer les valeurs successives de u_1, u_2, u_3,....... Et puisque

$$\Delta x = x_1 - x_0 = 2\int_{\theta_0}^{\theta_1}\frac{d\theta}{\cos.^3\theta} = x_2 - x_1 = 2\int_{\theta_1}^{\theta_2}\frac{d\theta}{\cos.^3\theta} = \text{etc.};$$

si on prend Δx constant, la table des intégrales fera connaître les valeurs successives $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \ldots$

L'erreur commise dans le calcul de la dernière valeur

$$y_n = \left(\frac{1}{u_n \cos.\theta_n}\right)^2$$

de y, est moindre que

$$\left(\frac{B+AC}{2}\right)\left[\frac{(1+C\delta)^n-1}{C}\right]\delta\ ,$$

δ étant égal à Δx, et A, B, C trois nombre égaux aux plus grandes valeurs numériques que reçoivent les fonctions

$$F = \frac{f(u)}{u^2}\ ,$$

$$\frac{dF}{dx} = \left[\frac{f(u)}{u^2}\right]' \cdot \frac{du}{dx} = -\frac{1}{2}u\left[\frac{f(u)}{u^2}\right]' \sin.\theta \cos.^2\theta\ ,$$

$$\frac{dF}{dy} = \left[\frac{f(u)}{u^2}\right]' \cdot \frac{du}{dy} = -\frac{1}{2}u^3\left[\frac{f(u)}{u^2}\right]' \cos.^2\theta\ ,$$

pendant qu'on y fait varier θ entre les limites θ_0, θ_n, et u entre les limites u_0, u_n.

Au lieu de faire varier x en progression arithmétique, c'est-à-dire de prendre Δx constant, on pourrait prendre $\Delta\theta$ constant, et alors Δx serait variable.

Ayant obtenu les valeurs successives de u correspondant à celles de θ, on peut en déduire les valeurs successives de l'arc, des coordonnées de la courbe et du temps, au moyen des équations :

$$\Delta s = -\frac{u^2}{g}.\frac{\Delta \theta}{\cos \theta},$$

$$\Delta x = -\frac{u^2}{g}\Delta \theta,$$

$$\Delta y = -\frac{u^2}{g}\text{tang.}\,\theta.\,\Delta \theta,$$

$$\Delta t = -\frac{u}{g}.\frac{\Delta \theta}{\cos.\theta}.$$

Partant de l'angle de projection θ_0, et effectuant le calcul jusqu'à $\theta = 0$, on pourra construire une table divisée en six colonnes, dans laquelle la première comprendra les inclinaisons successives de la courbe aux différents points ; la seconde, les vitesses en ces points ; la troisième, les arcs compris entre deux inclinaisons consécutives ; la quatrième et la cinquième, les projections de ces arcs sur les axes des x et des y ; enfin la sixième, les Δt. Faisant la somme des Δx et des Δy, on aura l'amplitude et l'élévation de la branche ascendante ; ajoutant les Δt, on aura la durée de l'ascension. Faisant ensuite θ négatif, on pourra prolonger le calcul jusqu'où l'on voudra : si l'on

ajoute les $\Delta\, y$, jusqu'à ce que leur somme soit égale à la hauteur du tir, puis les $\Delta\, x$, on aura l'amplitude de la branche descendante. La seconde colonne donnera la vitesse au point de chute, et la première, l'angle de chute. La durée totale du trajet sera fournie par la somme des $\Delta\, t$ depuis l'angle de départ jusqu'à l'angle de chute.

Il serait très-facile d'avoir égard à la diminution de la densité de l'air, à mesure que le projectile s'élève ; il suffirait pour cela de faire varier la densité qui doit entrer dans la fonction $f(u)$, en passant d'un élément à l'autre de sa trajectoire. On aurait la densité relative à chaque élément, en introduisant la valeur trouvée de y dans la formule qui exprime la diminution de la densité aux différentes hauteurs. Par ce procédé on pourrait déterminer toutes les circonstances du mouvement d'un projectile dans un milieu dont on connaît la résistance en fonction de la vitesse, que cette fonction soit définie *analytiquement* ou *empiriquement*. La seule difficulté à vaincre serait la longueur des calculs à effectuer ; mais, pour les projectiles en usage dans l'artillerie, dont les vitesses et les angles de départ sont compris entre des limites assez rapprochées, on pourrait

réduire les cas à un petit nombre, et faire dépendre d'un nombre restreint de tables, calculées une fois pour toutes, la solution d'un problème quelconque sur le tir des projectiles. La construction de pareilles tables ne coûterait certainement pas plus d'efforts que celles qui ont été calculées par GRÆVENITZ (1), BROWN (London, 1777, *The true principles of Gunnery investigated and explained*), OTTO (*Tafeln für den Bombenwurf*, Berlin 1842) et autres, dans l'hypothèse d'une résistance proportionnelle au carré de la vitesse, puisque les formules que j'imagine coïncident en dernier lieu avec celles qu'on emploie dans l'hypothèse ordinaire de la résistance en raison du carré de la vitesse.

Naturellement, avant de se livrer à un pareil travail, il serait nécessaire de connaître parfaitement la fonction $f(u)$.

Pour donner un exemple de l'application des formules exposées, je calculerai, dans une note à la fin de cet écrit, un cas particulier, et prendrai

(1) *Henning Friedrichs Grafen v.* GRÆWENITZ *Akademische Abhandlung von der Bahn der Geschützkugeln.* Rostock, 1764. Ce mémoire a été traduit en français par Rieffel, sous le titre : *Mémoire sur la trajectoire des projectiles de l'artillerie* (*Paris*, 1845).

pour exprimer la résistance deux termes respectivement proportionnels au carré et au cube de la vitesse.

Les formules ci-dessus mentionnées, convenables pour les grandes vitesses des projectiles de l'artillerie, cessent de l'être, quand il s'agit de petites vitesses inférieures à 1/4 de mètre. Pour celles-ci, la résistance est approximativement proportionnelle à la simple vitesse, et alors on peut supposer $\frac{f(u)}{u}$ constant et donner à l'équation différentielle la forme

$$\frac{d(u \cos.\theta)}{u^2 \cos.^2\theta} = \frac{f(u)}{u} \cdot \frac{d\theta}{\cos.^2\theta}.$$

Désignant par u_0 et u_1 deux vitesses dans l'intervalle desquelles on peut faire $\frac{f(u)}{u} = a$ constant, on aura, pour calculer l'arc compris, les formules

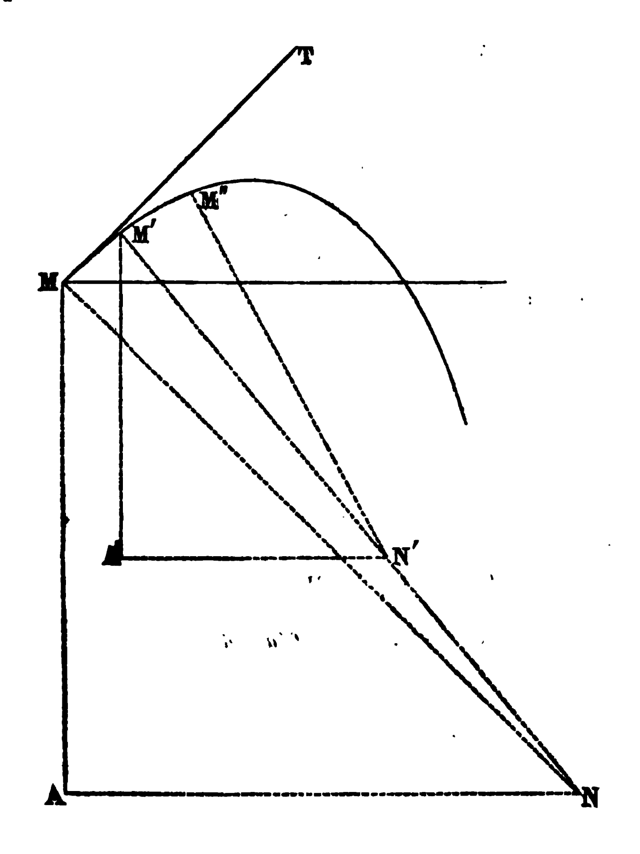
$$\frac{1}{u_1 \cos.\theta_1} = \frac{1}{u_0 \cos.\theta_0} + a(\text{tang.}\,\theta_0 - \text{tang.}\,\theta_1),$$

$$agx = u_0 \cos.\theta_0 - \frac{u_0 \cos.\theta_0}{1 + a u_0 \cos.\theta_0 (\text{tang.}\,\theta_0 - \text{tang.}\,\theta_1)},$$

$$y = x\left(\text{tang.}\,\theta_0 + \frac{1}{a u_0 \cos.\theta_0}\right) + \frac{1}{a^2 g}\, l\left(1 - \frac{agx}{u_0 \cos.\theta_0}\right),$$

$$agt = l\left\{1 + a u \theta_0 \cos.{}_{0} (\text{tang.}\,\theta_0 - \text{tang.}\,\theta_1)\right\}.$$

XXII. La série des valeurs consécutives de la vitesse correspondant à la série des valeurs consécutives de l'inclinaison de la courbe peut servir à décrire graphiquement la trajectoire. Pour cela on opérera de la manière suivante :



Soit M le point de départ du projectile, MT sa

Substituant dans l'équation

$$g\,dx = -u^2\,d\theta = -(u\cos.\theta)^2\frac{d\theta}{\cos.^2\theta}$$

la valeur déjà trouvée de $\frac{d\theta}{\cos.^2\theta}$, il vient

$$\alpha g x = -\int_{v_0}^{v}\frac{v\,dv}{f(v)}.$$

Dans cette équation on pourra tirer la valeur de v en fonction de x, quand l'intégration sera effectuée.

Je suppose que, cette opération exécutée, on ait

$$\frac{1}{v^2} = F(x).$$

Pour trouver l'équation de la trajectoire, on aura recours à l'équation.

$$g\,dx = -(u\cos.\theta)^2\frac{d\theta}{\cos.^2\theta},$$

qui donne

$$\frac{d\theta}{\cos.^2\theta} = -g\frac{dx}{(u\cos.\theta)^2} = -\alpha^2 g\frac{dx}{v^2} = -\alpha^2 g F(x)\,dx\ ;$$

Intégrant et observant qu'à l'origine $\theta = \theta_0$ et $x = 0$, on a

$$\operatorname{tang}\theta = \operatorname{tang}.\theta_0 - \alpha^2 g \int_0^x F(x)\,dx;$$

mettant à la place de tang. θ sa valeur $\frac{dy}{dx}$ et intégrant de telle sorte qu'à $x = 0$ réponde $y = 0$, on trouve

$$y = x \operatorname{tang}.\theta_0 - \alpha^2 g \int_0^x dx \int_0^x F(x)\,dx.$$

Le temps se détermine en mettant dans l'équation

$$\alpha g\,dx = -\frac{v\,dv}{f(v)},$$

au lieu de $\alpha\,d\,x$, sa valeur $v\,d\,t$. D'où il résulte

$$g\,t = -\int_{v_0}^{v} \frac{dv}{f(v)}.$$

La méthode que je viens d'exposer pour trouver les équations du mouvement est fondée sur la substitution de la fonction $\frac{f(\alpha u \cos.\theta)}{\alpha \cos.\theta}$ à la fonction $f(u)$, qui exprime la résistance. Si l'on avait $f(u) = a\,u$, c'est-à-dire la résistance proportionnelle à la simple vitesse les équations trouvées

[illegible]

[illegible]

[illegible] N° XXI.

Et en effet la fonction [illegible] pose constante et égale à l'unité dans

l'intégration, est trop variable quand l'angle de départ est assez grand.

M. Didion adopte

$$f(u) = \frac{u^2}{2gc}\left(1 + \frac{u}{r}\right);$$

d'où la fonction supposée constante est

$$\frac{1}{a\cos\theta} \cdot \frac{1 + \frac{u}{r}}{1 + \frac{a u \cos\theta}{r}}.$$

Si l'angle de départ est égal à 45°, le premier facteur seul varie dans le rapport de $\sqrt{2}$ à 1, c'est-à-dire de 1,4 à 1 environ, en passant de l'origine au sommet; et il varie encore davantage en passant du sommet au point de chute.

On obtient un plus grand degré d'approximation en se servant de la première méthode que j'ai donnée (N° XXI), même quand on calcule toute la trajectoire en une seule fois; ce qui équivaut à l'hypothèse de la résistance proportionnelle seulement au carré de la vitesse. En effet, la fraction $\frac{f(u)}{u^2}$ devient, dans l'hypothèse de résistance adoptée par M. Didion,

$$\frac{1}{2gc}\left(1+\frac{u}{r}\right);$$

où $r = 833^m$ pour les bombes : si la vitesse initiale $u_0 = 150^m$ (une des plus grandes vitesses qu'on donne en réalité aux bombes), cette fonction, dans toute l'étendue de la trajectoire, ne varie qu'entre les limites 1,1 et 1.

Reste à déterminer la valeur de la constante α. Elle doit avoir une valeur telle que le produit $\alpha \cos.\theta$ s'éloigne le moins possible de l'unité pour toutes les valeurs qu'il prend entre $\theta = \theta_1$ et θ. Donc α doit avoir une valeur moyenne de celles que reçoit $\frac{1}{\cos.\theta}$ entre les mêmes limites.

Quand l'angle de départ est faible, et c'est le seul cas où l'on puisse calculer, avec une certaine approximation, toute la trajectoire avec une seule valeur de α, alors θ est constamment petit dans toute l'étendue de la courbe située au-dessus de l'axe des x; et par suite $\frac{1}{\cos.\theta}$ s'éloigne peu de l'unité. Il est alors plus simple de prendre $\alpha = 1$.

Quand, pour un angle de départ un peu plus grand, on veut calculer la courbe en plusieurs parties, on peut prendre, pour chaque arc, α égal

suit, je me bornerai à trouver les expressions de l'angle, de l'ordonnée, de la vitesse et du temps en fonction de l'abscisse.

On a généralement, quand aucune des dérivées ne devient infinie,

$$F(x)=F(o)+F'(o)+\frac{x}{1}F''(o)\frac{x^2}{1.2}+\text{etc.}$$

Soit

$$F(x)=\text{tang.}\,\theta\,.$$

On a, en différentiant par rapport à x,

$$F'(x)=\frac{1}{\cos.^2\theta}\cdot\frac{d\theta}{dx}\,;$$

et substituant à $\frac{d\theta}{dx}$ sa valeur tirée de l'équation [4] N° II),

$$F''(x)=-\frac{g}{(u\cos\theta)^2}\,.$$

Différentiant une seconde fois, il vient

$$F'''(x)=\frac{2g}{(u\cos\theta)^3}\cdot\frac{d(u\cos.\theta)}{dx}\,.$$

Or, on a (équation [9] (N° II),

$$\frac{d(u\cos.\theta)}{dz}=u\,f(u)\,;$$

qui, multiplié par la valeur de $\frac{d\theta}{dx}$, donne

$$\frac{d(u\cos.\theta)}{dx} = \frac{g f(u)}{u}.$$

Et substituant

$$F''(x) = -\frac{2g^2}{(u\cos.\theta)^3} \cdot \frac{f(u)}{u}.$$

Différentiant encore, on trouve

$$F'''(x) = \frac{6g^2}{(u\cos.\theta)^4} \cdot \frac{f(u)}{u} \cdot \frac{d(u\cos.\theta)}{dx}$$

$$-\frac{2g^2}{(u\cos.\theta)^3}\left[\frac{f(u)}{u}\right]' \cdot \frac{du}{dx},$$

qui se transforme en

$$F'''(x) = -\frac{6g^3}{(u\cos\theta)^4}\left[\frac{f(u)}{u}\right]^2$$

$$+\frac{2g^3\sin.\theta}{(u\cos.\theta)^4}\left[\frac{f(u)}{u}\right]' + \frac{2g^3}{(u\cos.\theta)^4} f(u)\left[\frac{f(u)}{u}\right]',$$

en remarquant que

$$\frac{du}{dx} = -\frac{g\sin.\theta}{u\cos.\theta} - \frac{g f(u)}{u\cos.\theta}.$$

En opérant ainsi de suite, on pourrait obtenir les dérivées 4e, 5e, etc.

Soient $x = 0$, u_0 et θ_0 la vitesse et l'angle à l'origine, on obtient

$$F(0) = \text{tang.}\,\theta\,,$$

$$F'(0) = -\frac{g}{(u_0 \cos.\theta_0)^2}\,,$$

$$F''(0) = -\frac{2g^2}{(u_0 \cos.\theta_0)^3}\cdot\frac{f(u_0)}{u_0}\,,$$

$$F'''(0) = -\frac{6g^3}{(u_0 \cos.\theta_0)^4}\left[\frac{f(u_0)}{u_0}\right]^2$$

$$+\frac{2g^3 \sin.\theta_0}{(u_0 \cos.\theta_0)^4}\left[\frac{f(u_0)}{u_0}\right]' + \frac{2g^3 f(u_0)}{(u_0 \cos.\theta_0)^4}\left[\frac{f(u_0)}{u_0}\right]'\,,$$

etc., etc.,

d'où

$$\text{tang.}\,\theta = \text{tang.}\,\theta_0 - g\frac{x}{(u_0 \cos.\theta_0)^2} - g^2\frac{f(u_0)}{u_0}\cdot\frac{x^2}{(u_0 \cos.\theta_0)^3}$$

$$-g^3\left\{\left[\frac{f(u_0)}{u_0}\right]^2 - \frac{1}{3}\left[\frac{f(u_0)}{u_0}\right]' f(u_0) + \sin.\theta_0)\right\}\frac{x^3}{(u_0 \cos.\theta_0)^4}$$

$$+ \text{etc.}$$

Substituant à tang. θ sa valeur $\frac{dy}{dx}$, et intégrant de façon qu'on ait, pour $x = 0$, $y = 0$, il vient

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE Xe VOLUME DE LA 4e SÉRIE

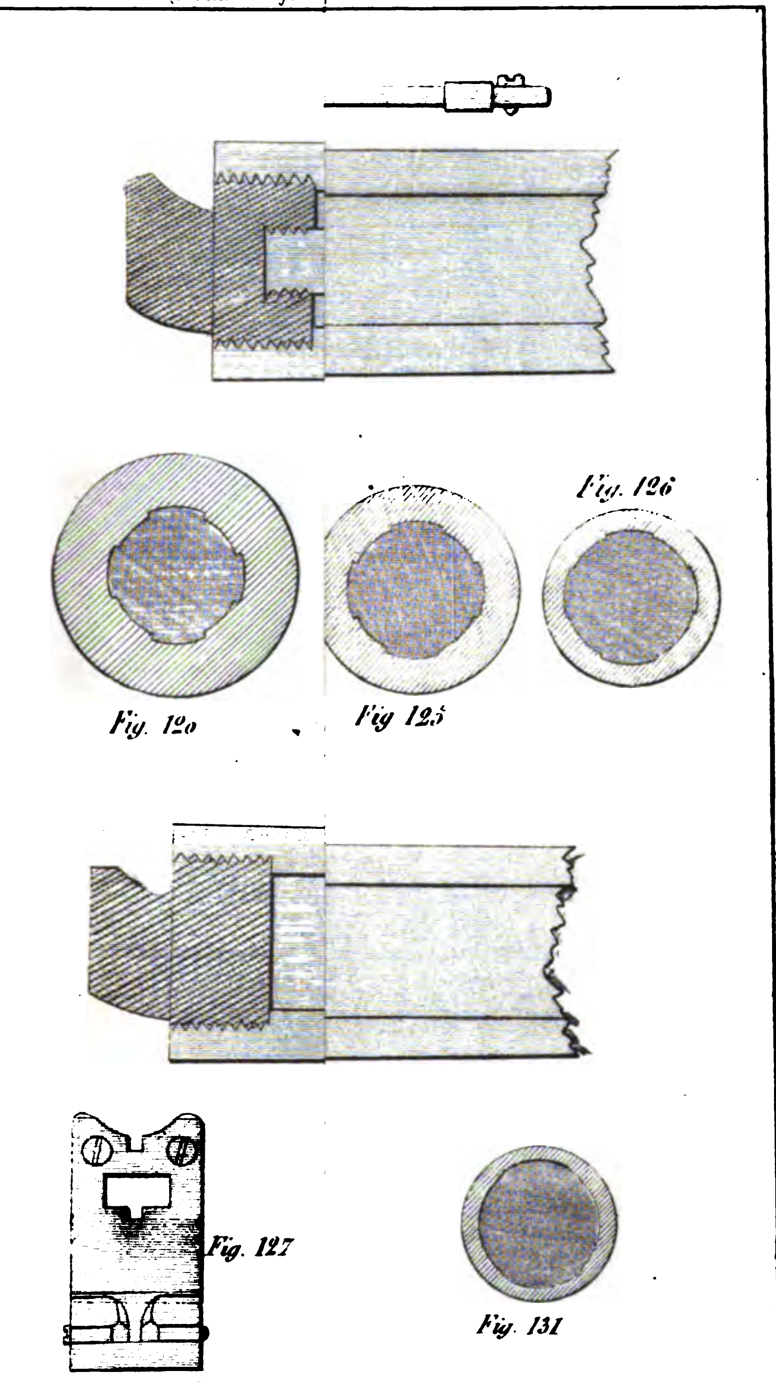
DU

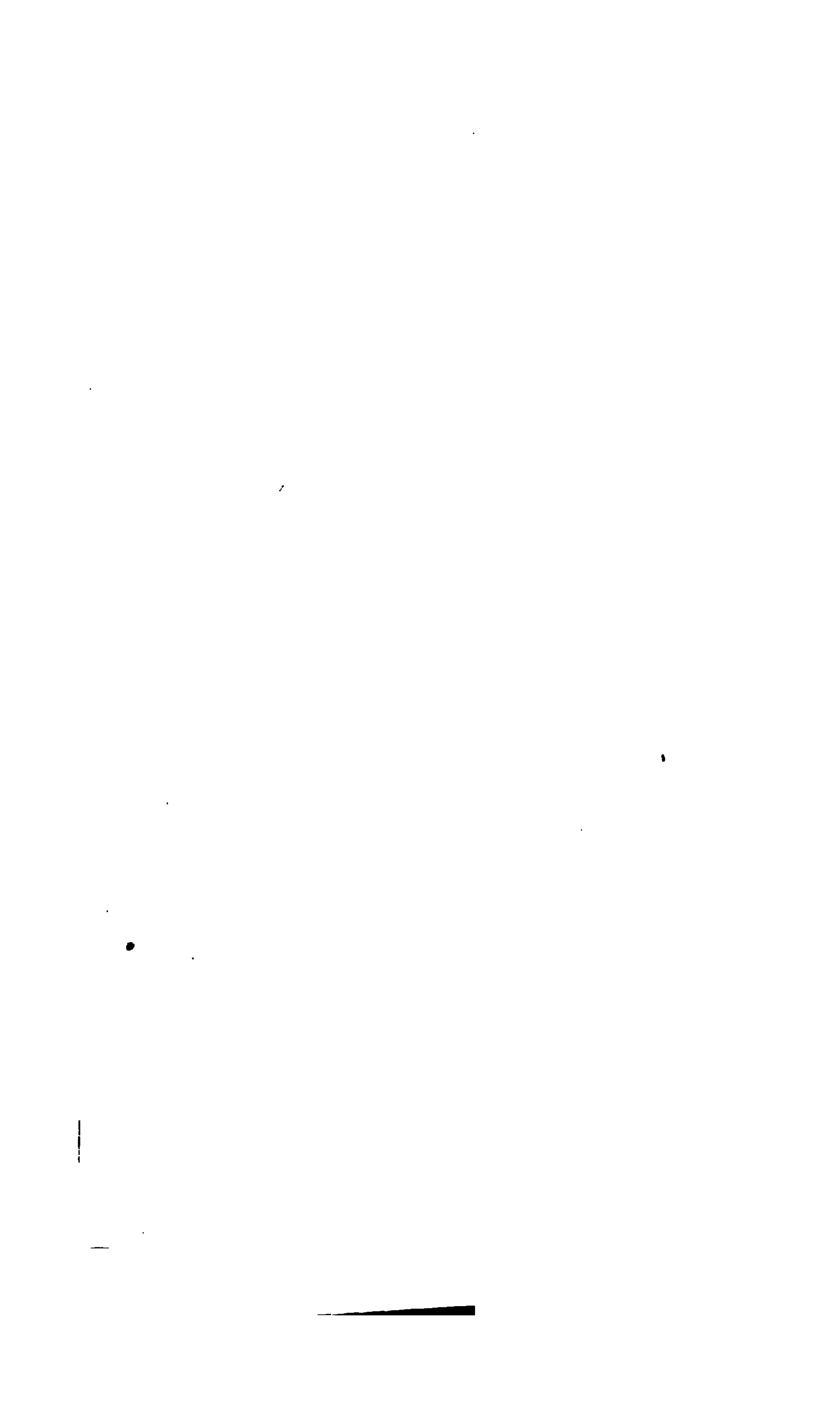
JOURNAL DES ARMES SPÉCIALES

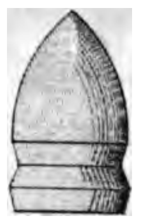
(Juillet à Décembre 1858.)

FIN DE LA TABLE DU TOME X.

SCEAUX. — Imprimerie de Munzel.


Fig. 126
Fig. 120
Fig 125
Fig. 127
Fig. 131





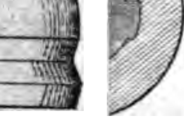


Fig. 132

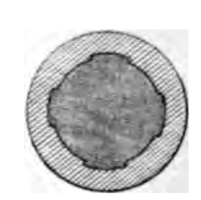
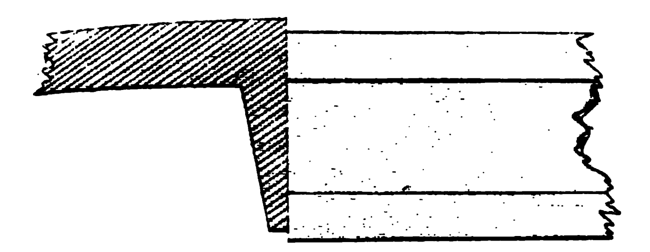
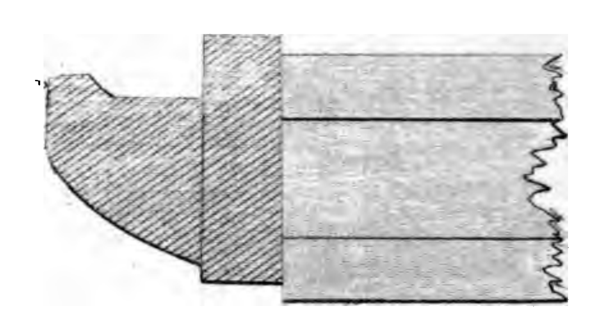
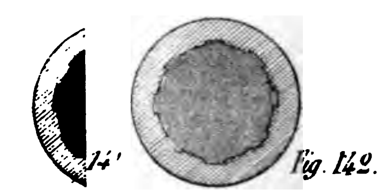


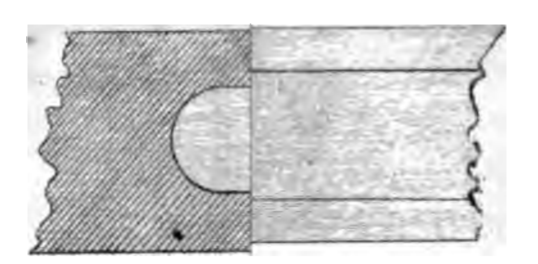
Fig 137











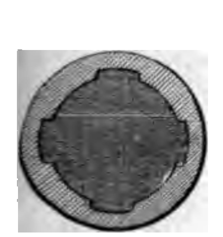


Fig. 144



Fig. 149

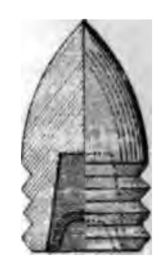
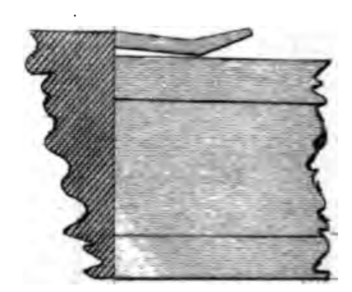
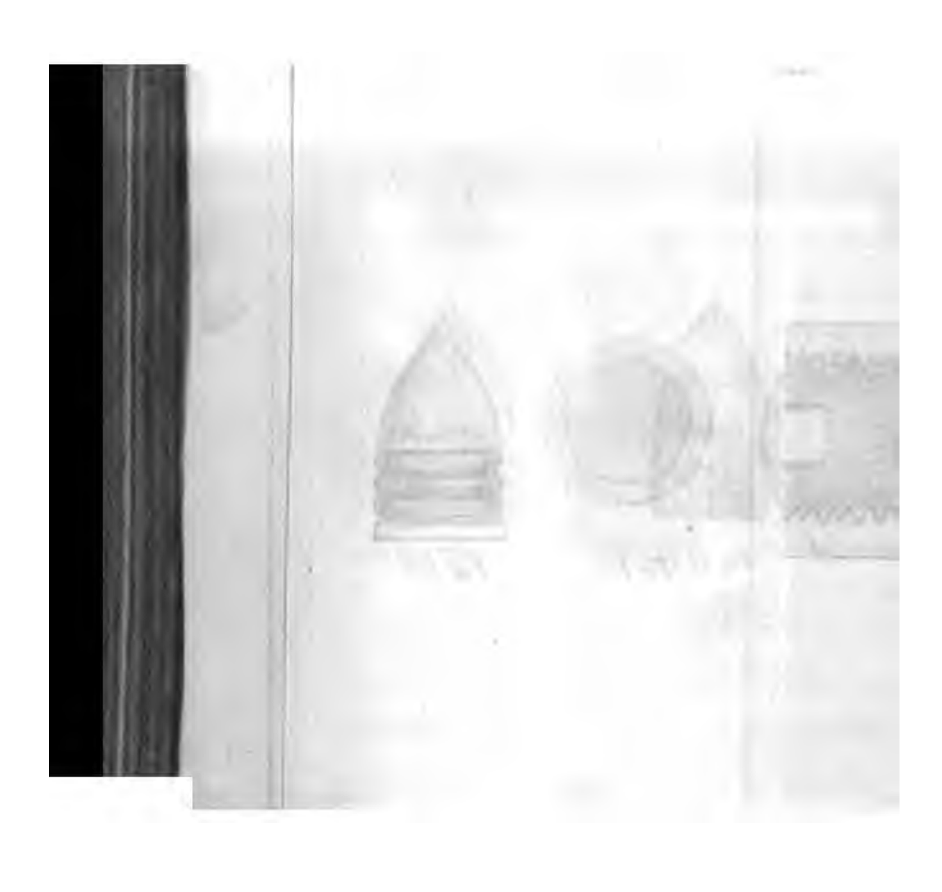
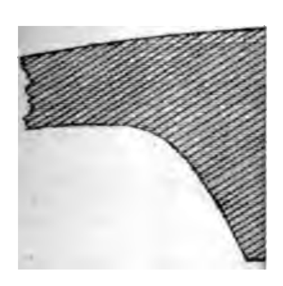


Fig. 150







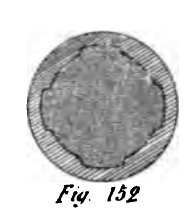


Fig. 152

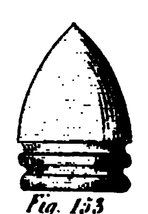


Fig. 153

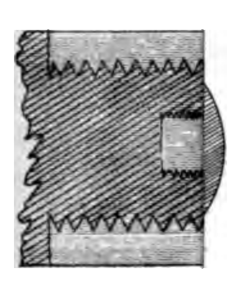




Fig. 156



Fig. 157

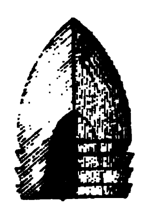


Fig. 158

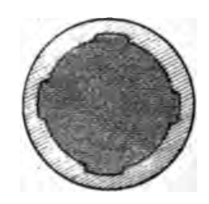
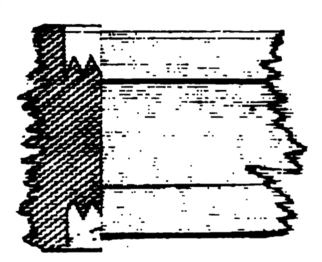


Fig. 160



Fig. 161





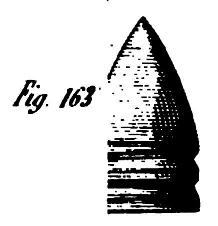
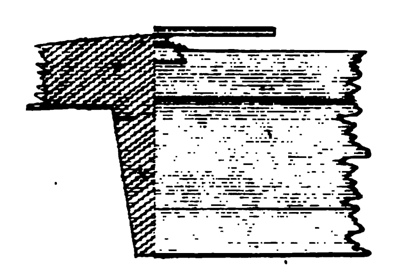


Fig. 163



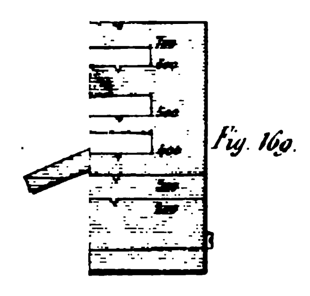
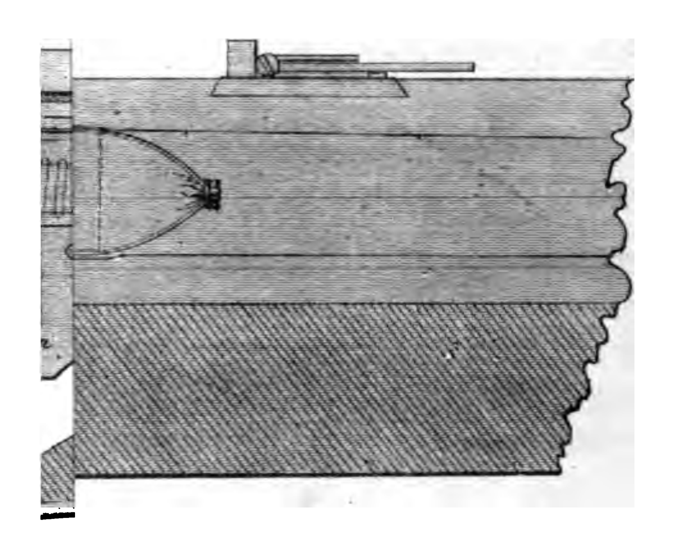
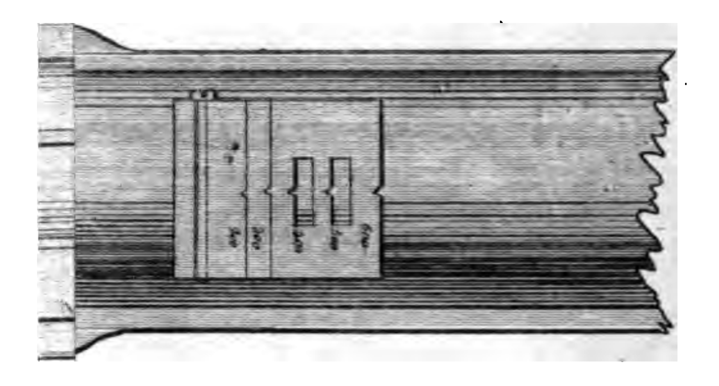


Fig. 169.







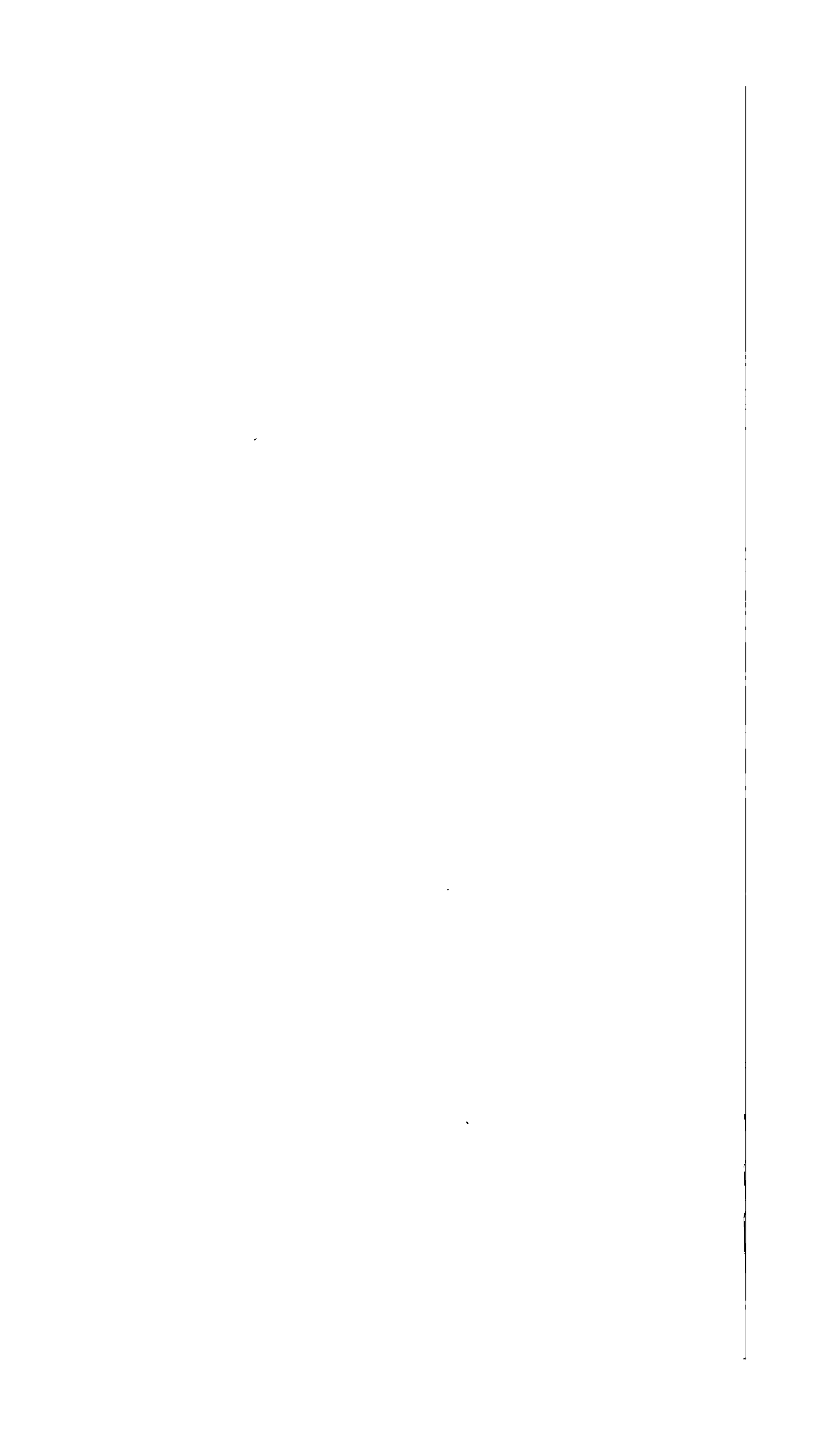
Pl. XVIII

Fig. 176

Fig. 177

Fig. 178

Fig. 179



Pl. XXI

2

Lith. Janson Par


Stanford University Libraries
3 6105 015 329 647

